

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

N° :...../2019.....



DOMAINE : Sciences de la matière
FILIERE : Physique
OPTION : Physique Energétique
et Energies Renouvelables

Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique

Réalisé par

DEGHFEL Fadila

CHAGRA Sara

Intitulé

**Étude expérimentale d'un distillateur solaire à
mèche avec un réflecteur externe**

Soutenu le 02 /07 /2019 devant le jury composé de:

NAHOUI Azzedine	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Président
HADDAD Zakaria	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Rapporteur
TALOUB Djedid	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Examineur

Année universitaire : 2018/2019

Dédicaces

Ce travail est dédié à

A mes parents

A grand-mère

A mes sœurs Nassima, Souhilla, khadra, Louisa, Hamza, Hicham, Rayale

Les enfants de ma sœur Fatima, BahaàEddine, Nazim

A mon binôme sara

*A mes amie Rahma, Zaynab , Sara, Hakima, Habiba, Zahra, wourida, Fatima
, Fola, Houda, Hada, Afef, Amina , Dounia , Nour, Wisam, Meriem, Ahlam, Horia*

A tout la famille Deghfel, Dechoucha

A toute personne qui me connaisse et me considère comme une amie

*Aux personnes qui m'ont encouragé et motivé, qui n'ont cessé d'oeuvre pour ma réussite et
pour mon bonheur.*

Dédicaces

À celle qui m'a donné la vie,

La plus belle, elle est le cœur le plus plein d'amour et de sentiment

La plus tendre et la plus chère des mamans,

À mon cher papa,

L'être le plus cher au monde en témoignage de mon respect,

À mon amour et mon plus grand rattachement,

à l'âme de mon très cher Djmiat Samira

À toute mes sœurs : Samiha, Houria, Khaled, Chahra, Chawki,

À mon cher qui donne tout le soutien et l'encouragement

À mon binôme: Fadila

Et Aussi je n'oublie pas qui considère les douzièmes sœurs

La plus belle le membre ; Samira, , Fatima,

À mon collègue Étude : AISSAOU Werida

Sara chagra

Remerciements

En premier lieu, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la volonté et le courage de faire ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à monsieur HADDAD Zakaria, enseignant à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila, pour le sujet qu'il m'a proposé, pour tout son aide, sa disponibilité, ses conseils, et surtout l'intérêt qu'il a porté à mon travail et l'attention accordé à la lecture et à la correction de ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à monsieur NAHOUI Azzedine enseignant à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila pour son aide et pour avoir accepté de présider le jury.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à monsieur TALOUB Djedid enseignant à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila de m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de mémoire.

Je remercie tous les enseignants de département de physique.

En fin, Tous mes remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste projet.

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des Tableaux.....	I
Liste des Figures.....	II
Nomenclature.....	III
Introduction Générale.....	1

Chapitre I - Miroirs

I.1- Historique	2
I.2- Fabrication des miroirs.....	3
I.3- Définition d'un miroir.....	4
I.4- Miroir plan.....	4
I.4.1- Déviation d'un rayon lumineux.....	5
I.4.2- Rotation d'un miroir plan.....	6
I.5- Réflexion.....	8
I.5.1- Pouvoir réflecteur.....	8

Chapitre II - Distillateurs solaires avec des réflecteurs externes

II.1- Introduction.....	10
II.2- Distillateur solaire incliné à mèche.....	10
II.3- Fonctionnement des distillateurs solaires conventionnels avec des réflecteurs.....	11
II.4- Classification des distillateurs solaires avec des réflecteurs.....	11
II.4.1- Distillateurs solaires avec des réflecteurs externes	12
II.4.1.1- Distillateurs solaires avec des réflecteurs externes supérieurs.....	12
II.5- Conclusions.....	19

Chapitre III - Etude expérimentale & résultats et discussions

III.1- Présentation de la région d'expérimentation.....	20
III.1.1- Situation géographique.....	20
III.1.2- Relief.....	21
III.1.3- Climat.....	21
III.2 - Réalisation de distillateur solaire.....	21
III.2.1 - Conception du distillateur solaire.....	21
III.2.2- Composants de distillateur solaire à mèche avec un réflecteur externe.....	23
III.2.2.1- Bac	23
III.2.2.2- Couverture verrière (verre).....	24
III.2.2.3- Isolation thermique.....	25
III.2.2.4- Miroir.....	26
III.2.2.5- Cuve de récupération du distillat.....	27
III.2.2.6- Tuyauterie.....	27
III.2.3- Composants standards.....	27
III.3- Tests expérimentaux.....	29
III.4- Test du mois d'avril.....	29
III.4.1-Température ambiante.....	29
III.4.2- Températures des composantes de distillateur solaire.....	30
III.4.3- Production.....	30
III.5- Tests du mois de mai.....	32
III.5.1- Température ambiante.....	32
III.5.2- Températures des composantes de distillateur solaire.....	32
III.5.3- Ecart des températures mèche-vitre.....	34
III.5.4- Production	35
III.6- Tests du mois de juin.....	36
III.6.1-Température ambiante.....	36
III.6.2- Températures des composantes de distillateur solaire.....	37
III.6.3- Ecart des températures mèche-vitre.....	38
III.6.4 - Production.....	39
III.7- Analyse économique.....	40
Conclusion Général.....	42
Référence	
Résumé	

Tableau III.1 - Composants standards de distillateur solaire	27
Tableau III.2 - Prix des différentes parties du distillateur.....	40
Tableau III.3 - Analyse économique de distillateur solaire.....	41

Figure I.1- Parcours de la lumière dans un miroir.....	3
Figure I.2- Représentation schématique d'un miroir plan.....	5
Figure I.3- Angle de déviation d'un rayon lumineux.....	5
Figure I.4- Rotation d'un miroir plan.....	7
Figure I.5- Réflexion d'un rayon sur une interface.....	8
Figure II.1- Distillateur solaire incliné à mèche	11
Figure II.2- Distillateur solaire avec un réflecteur externe supérieur	11
Figure II.3- Distillateur solaire à mèche ondulée avec réflecteurs et ventilateur aspirant.....	13
Figure II.4- Distillateur solaire à mèche incliné avec un réflecteur externe vertical supérieur.....	13
Figure II.5- Distillateur solaire à mèche incliné avec un réflecteur externe supérieur....	13
Figure II.6- Distillateur solaire à mèche incliné avec un réflecteur externe supérieur....	14
Figure II.7- Distillateur solaire à mèche incliné avec un système de suivi d'azimut et avec un réflecteur.....	15
Figure II.8- Distillateur solaire avec un condenseur externe et un réflecteur supérieur	15
Figure II.9- Distillateur solaire multi-bassin avec un réflecteur et un condenseur externe.....	16
Figure II.10- Unité de distillation solaire avec un miroir.....	17
Figure II.11- Distillateur solaire avec double réflecteur.....	18
Figure II.12- Distillateur solaire de type "V" avec un réflecteur externe.....	18
Figure.III.1- Localisation de la wilaya de M'sila.....	20
Figure III.2- Installation expérimentale de distillateur solaire à mèche avec un réflecteur externe.....	22
Figure III.3- Installation expérimentale de distillateur solaire à mèche sans réflecteur	22
Figure III.4- Installation expérimentale de distillateur conventionnel	23
Figure III.5- Bac absorbant.....	24
Figure III.6- Couverture transparente en verre ordinaire.....	25
Figure III.7- Coffre avec l'isolant en polystyrène.....	26
Figure III.8- Miroir externe avec mèche et réflecteur.....	26
Figure III.9- Variation temporelle de la température ambiante.....	29
Figure III.10- Variation des températures des composantes de distillateur	30

Figure III.11- Production totale de distillateur solaire à mèche avec réflecteur.....	31
Figure III.12- Production horaire de distillateur solaire à mèche avec réflecteur.....	31
Figure III.13- Variation temporelle de la température ambiante.....	32
Figure III.14- Variation des températures des composantes de distillateur Conventionnel.....	33
Figure III.15- Variation des températures des composantes de distillateur à mèche avec réflecteur.....	33
Figure III.16- Variation des températures des composantes de Distillateur à mèche sans réflecteur.....	34
Figure III.17- Ecart des températures mèche-vitre.....	34
Figure III.18- Production totale des distillateurs solaires.....	35
Figure III.19- Production horaire des distillateurs solaires.....	36
Figure III.20- Variation de la température ambiante.....	36
Figure III.21- Variation des températures des composantes de distillateur à mèche avec un réflecteur.....	37
Figure III. 22- Variation des températures des composantes de distillateur à mèche.....	37
Figure III.23- Variation des températures des composantes de distillateur Conventionnel.....	38
Figure III.24- Ecart des températures mèche-vitre.....	38
Figure III.25- Production totale des distillateurs solaires.....	39
Figure III.26 - Production horaire des distillateurs solaires.....	39

Symbole	Désignation	Unité
AMC	Coût annuel de maintenance	DA/année
ASV	Valeur de récupération annuelle	DA
CVD	Chemical Vapor Déposition Déposition chimique de vapeur	
CA	Coût annuel	DA/année
CPL	Coût de l'eau distillée par litre	DA/kg
CRF	Facteur de recouvrement capital	
DMR	Distillateur à Mèche avec Réflecteur	
DM	Distillateur à Mèche	
DC	Distillateur Conventionnel	
FAC	Coût annuel fixe	DA/année
M	Productivité annuelle moyenne	Kg/année
n	Durée du vie utile de distillateur	
P	Investissement initial du système	DA
R	Taux annuel	
SFF	Facteur de fonds d'amortissement	
T_a	Température ambiante	°C
T_v	Température de la vitre.	°C
T_m	Température de la mèche	°C
T_b	Température de la plaque absorbante	°C
T_t	Température de l'air humide	°C
θ	Angle d'incidence	

Introduction

Introduction Générale

L'eau douce disponible sur terre (lacs, fleuves, eaux souterraines), ne représente que 0,07% de la ressource totale, soit environ un million de km³, et la répartition de cette eau est inégale. En effet, dix pays se partagent 60% des réserves d'eau douce et vingt-neuf autres principalement en Afrique et au Moyen-Orient, sont confrontés à une pénurie chronique d'eau douce.

L'Algérie fait partie des pays qui ont subi une perturbation de sa pluviométrie provoqué par les changements climatique observés, lors de ces dernières décennies ce qui a malheureusement réduit l'impact attendu des ouvrages de mobilisation (barrages et forages) de la ressource conventionnelle.

L'Algérie a choisi de s'impliquer fortement dans le dessalement d'eau de mer pour alimenter en eau potable une grande population répartie sur un littoral de 1200 km, ainsi qu'une industrie consommatrice d'eau se trouvent à proximité de la mer.

L'inconvénient majeur de ces systèmes est qu'ils sont très coûteux. Les installations sont peu rentables, les quantités d'énergie nécessaires au chauffage ou à la compression de l'eau sont trop élevées, et les volumes d'eau produits trop faibles. L'utilisation de cette technique de production d'eau potable reste donc encore très marginale et il est recommandé que l'utilisation de cette eau dessalée doit être destinée principalement aux centres touristiques et les grosses industries, situés sur la bande côtière. Pour cette raison, il faut essayer d'améliorer l'efficacité des distillateurs solaire plans à effet de serre dont la construction est simple, à faible coût, et leurs fonctionnements reposent sur l'effet de serre [1].

L'objectif principal de ce travail est basé sur l'étude expérimentale d'un distillateur solaire à mèche incliné avec un réflecteur afin d'obtenir de l'eau distillée. Pour atteindre cet objectif, nous avons divisé notre travail en trois chapitres avec une introduction et une conclusion générales.

Le premier chapitre est consacré à des généralités sur les miroirs et plus particulièrement les miroirs plans.

Dans le deuxième chapitre on a une étude bibliographique sur les distillateurs solaires avec des réflecteurs externes et le principe de fonctionnement d'un distillateur solaire avec un réflecteur.

Au troisième chapitre nous avons présentés la réalisation du distillateur solaire à mèche avec un réflecteur et l'étude expérimentale avec les résultats obtenues et leurs discussions.

Chapitre I

Miroirs

I.1- Historique

Les premiers miroirs utilisés étaient très probablement des plans d'eau sombre et calme, ou de l'eau recueillie dans un récipient, mais les premiers miroirs fabriqués étaient des morceaux de pierre polie comme l'obsidienne, un verre volcanique nature, les exemples les plus anciens d'obsidienne trouvés en Anatolie sont datés d'environ 6000 av. J.C, ensuite des miroirs plus réfléchissants en surface métallique polie furent conçus, miroirs en cuivre poli datés en Mésopotamie à partir de 4000 av. J.C. et dans l'Égypte ancienne aux environs de 3000 ans av. J.C., miroirs en bronze poli fabriqués en Chine à partir de 2000 ans av. J.C.

Les Romains utilisaient principalement des miroirs en alliage d'étain et de cuivre, puis d'argent, mais aussi des miroirs en verre recouvert d'or ou de plomb fondu. Les miroirs en alliage métallique s'oxydant rapidement, on y attachait une éponge pour les nettoyer et une pierre ponce pour les repolir. Le miroir en verre évite ce défaut. Le moment de son apparition est mal connu et son existence durant l'antiquité est l'objet de débats. Seuls deux auteurs évoquent un tel objet : Alexandre d'Aphrodisies au III^e siècle et, avant lui, Pline l'Ancien qui évoque son invention à Sidon et ses « fabricants de verre » au I^{er} siècle mais les traces archéologiques font remonter les premiers exemplaires au III^e siècle que l'on trouve essentiellement en Égypte, en Asie mineure, en Germanie et en Gaule, à Reims. Il est alors constitué d'une plaque de verre dont la surface arrière était garnie d'une feuille de métal mais ils sont très petits (de 2 à 7 cm de diamètre) et s'apparentent davantage à des amulettes ou des éléments de parure. La qualité médiocre de ceux-ci leur fera préférer les miroirs en métal pendant plusieurs siècles encore.

Les Chinois ont commencé à faire des miroirs en utilisant des amalgames argent-mercure dès le V^e siècle.

Au Moyen Âge, les miroirs sont sertis dans de petites boîtes à deux couvercles appelés « valves de miroir » qu'il faut dévisser pour voir le miroir.

À la Renaissance, les fabricants européens mettent au point une méthode supérieure de miroir en verre recouvert d'un amalgame d'étain-mercure. La date exacte et le lieu de la découverte sont inconnus, mais Venise est réputée au XVI^e siècle pour ses verreries utilisant cette nouvelle technique. Les miroirs et glaces de cette époque restent des produits de luxe.

La Manufacture royale de glaces de miroirs, futur Saint-Gobain, en est un fabricant important, de même que les verreries germaniques et de Bohême qui produisaient des miroirs à un coût moindre.

L'invention du miroir argenté en verre est créditée au chimiste allemand Justus Von Liebig en 1835. L'amalgame d'étain-mercure étant toxique, il le remplaça par le dépôt d'une fine couche d'argent métallique sur le verre grâce à la réduction chimique du nitrate d'argent. Ce processus d'argenture a permis la fabrication en masse des miroirs et a rendu leurs prix abordables.

La hausse niveau de vie a favorisé la commercialisation des miroirs, de tous types et dans tous les milieux. Finalement, au cours du XX^e siècle, les miroirs en pied sont devenus un élément standard de la chambre à coucher, puis une ou deux décennies plus tard de la salle de bains.

Aujourd'hui, les miroirs sont le plus souvent produits par le dépôt sous vide (par PVD Physical Vapor Deposition ou CVD Chemical Vapor Deposition) ou par dépôt électrolytique sur une plaque de verre (plus ou moins épaisse, elle sert de support et de protection) d'une couche réfléchissante d'aluminium (plus rarement d'argent qui s'oxyde rapidement, ces miroirs modernes réfléchissant 80 % de la lumière totale) et d'une couche de cuivre ou de plomb (tain du miroir le rendant opaque)[2].

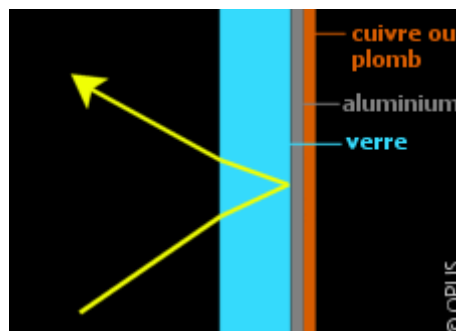


Figure I.1. Parcours de la lumière dans un miroir.

I.2- Fabrication des miroirs

Le miroir est une plaque de verre qui sera plus ou moins épaisse, selon le type de miroir, et qui va par la suite être recouverte d'une couche d'aluminium ou d'argent. Cette composition va permettre la fonction réfléchissante du miroir. Puis cette couche va être à son tour recouverte de cuivre ou de plomb. Celle-ci va permettre de rendre le miroir opaque afin qu'on ne puisse pas voir à travers mais également empêcher l'oxydation de la couche réfléchissante. Cette couche est appelé le tain. Les plaques sont posées à l'horizontale et transportées au poste de lavage. On pulvérise sur le verre de l'eau et de l'oxyde de cérium (poudre dérivée d'un type

de terre). Les deux faces sont polies et épurées par l'action de brosses rotatives afin d'éliminer les éventuelles impuretés.

Le verre est ensuite à nouveau rincée avec de l'eau déminéralisée brûlante, les minéraux contenus dans l'eau du robinet pourraient endommager les métaux appliqués par la suite. L'étain liquide est appliqué au dos du miroir et permet à l'argent de bien adhérer puisque ces métaux ne peuvent coller directement sur le verre. L'argent va durcir directement au contact de l'étain. C'est l'argent au dos du verre transparent qui transforme la plaque de verre en miroir et permet cette réflexion.

Deux couches de peintures vont ensuite venir celer le dépôt d'argent. La peinture ne suffisant pas à le protéger à long terme, on recouvre la plaque d'une couche de cuivre. L'excédent est à nouveau rincé, puis les panneaux sont envoyés au séchoir. Les panneaux passent ensuite côté cuivré vers le haut dans une coucheuse à rideau, qui applique une nouvelle couche de peinture. On chauffe le miroir dans un four à 99 °C. Une nouvelle couche de peinture est à nouveau appliquée avant un séchage puis on nettoie le miroir à l'acide pour éliminer tout résidu métallique. Puis on le place à la verticale pour l'inspecter. Les panneaux sont maintenant découpés pour leur donner la forme et la taille désirée. Le miroir est découpé à l'aide d'une scie circulaire au carbure, un métal particulièrement résistant.

Il reste toujours nécessaire d'avoir la surface la plus polie possible pour avoir un miroir de bonne qualité, dans le cas contraire les défauts de surface provoqueraient une diffusion des ondes lumineuses dans toutes les directions (brouillant l'image) [3].

I.3- Définition d'un miroir

Un miroir est une surface capable de réfléchir la lumière presque en totalité quel que soit l'angle d'incidence. Ces miroirs peuvent être concaves, convexes, sphériques, paraboliques et plans [4].

I.4- Miroir plan

Le miroir plan est une surface plane réfléchissante (plaque de métal polie, surface argentée, surface au repos d'un liquide, etc...). Le miroir est meilleur si le pouvoir de réflexion est proche de 1. C'est le seul type de miroir qui soit rigoureusement stigmatique (Un système optique est dit stigmatique pour deux points si l'ensemble des rayons lumineux issus d'un des points et traversant le système forment d'autres rayons lumineux dont les supports passent par le second point, et le stigmatisme pour tout point de l'espace, dit stigmatisme rigoureux,

n'existe que très rarement, l'unique cas est le miroir plan) et aplanétique (Un système optique est aplanétique s'il donne de tout objet lumineux situé dans un plan perpendiculaire à l'axe optique une image plane également perpendiculaire à l'axe optique)[5].

On représente schématiquement un miroir plan par la trace de son plan et l'on hachure le côté non réfléchissant.

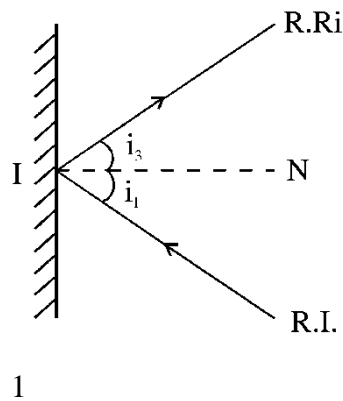


Figure I.2- Représentation schématique d'un miroir plan.

I.4.1- Déviation d'un rayon lumineux

Il est parfois utile de décrire l'effet d'un miroir plan en donnant son angle de déviation. L'angle de déviation, symbolisé par la lettre grecque delta (δ), est défini par l'angle entre le rayon réfléchi et le trajet qu'aurait suivi le rayon incident s'il n'avait pas été réfléchi figure I.3.

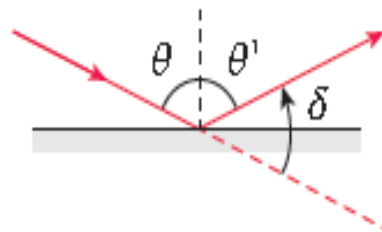


Figure I.3- Angle de déviation d'un rayon lumineux.

De façon générale, l'angle de déviation engendré par un miroir plan est :

$$\delta = 180^\circ - 2\theta \quad (\text{I.1})$$

Où θ est l'angle d'incidence. L'équation (I.1) confirme que, si l'angle d'incidence est nul, alors l'angle de déviation vaut 180° , ce qui signifie que le rayon est réfléchi sur lui-même (rétro réfléchi).

On peut facilement justifier l'équation (I.1) par le raisonnement qui suit. D'après la figure ci-dessus, la somme des angles suivants est égale à 180° : l'angle d'incidence θ , de l'angle de réflexion θ' et de l'angle de déviation δ (ces trois angles forment un angle plat).

Par conséquent, on peut écrire :

$$\theta + \theta' + \delta = 180^\circ \quad (\text{I.2})$$

Selon la loi de la réflexion, on a $\theta' = \theta$ et la relation se réduit à $2\theta + \delta = 180^\circ$. En isolant l'angle de déviation δ , on retrouve l'équation (I.1) [5].

I.4.2- Rotation d'un miroir plan

Si un rayon lumineux éclaire un miroir plan et qu'on tourne ce dernier autour d'un axe perpendiculaire au plan d'incidence, l'angle de déviation est modifié. Considérons un rayon incident dont la direction est fixe et examinons ce qui se produit lorsque le miroir est tourné d'un angle α . La rotation du miroir engendre une rotation β du rayon réfléchi, qui correspond au double de l'angle de rotation du miroir :

$$\beta = 2\alpha \quad (\text{I.3})$$

L'angle β de l'équation (I.3) correspond à la variation, en valeur absolue, de la déviation δ du rayon lumineux. Démontrons cette équation en référant à la figure I.4, qui illustre un miroir dans deux positions (le miroir en position 2 est tourné d'un angle α par rapport au miroir en position 1)

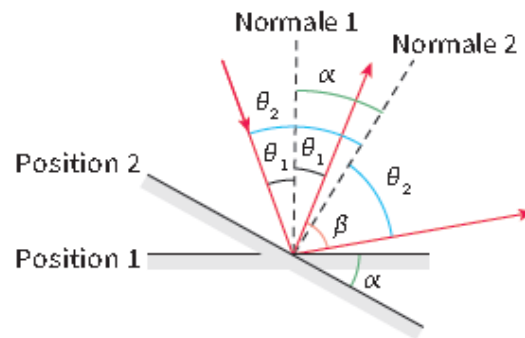


Figure I.4- Rotation d'un miroir plan.

Pour un rayon incident fixe donné, la rotation d'un miroir plan engendre la rotation de la direction de propagation du rayon réfléchi [5].

Un rayon est incident sur le miroir en position 1 avec un angle d'incidence θ_1 par rapport à la normale 1 et en vertu de la loi de la réflexion, le rayon réfléchi fait un angle θ_1 par rapport à la normale 1. Un rayon incident étant fixe, il arrive alors sur le miroir en position 2 avec un angle d'incidence θ_2 par rapport à la normale 2 et le nouveau rayon réfléchi fait également un angle θ_2 par rapport à la normale 2. L'angle entre l'ancien rayon réfléchi et le nouveau est β . Par géométrie, on peut écrire de deux manières l'angle entre le rayon incident et la normale 2 :

$$\theta_2 = \theta_1 + \alpha \quad (\text{I.4})$$

Aussi, on peut écrire de deux façons l'angle entre la normale 1 et le nouveau rayon réfléchi :

$$\theta_2 + \alpha = \theta_1 + \beta \quad (\text{I.5})$$

En remplaçant l'équation (I.3) dans l'équation (I.4), on trouve :

$$(\theta_1 + \alpha) + \alpha = \theta_1 + \beta \Rightarrow \alpha + \alpha = \beta \quad (\text{I.6})$$

I.5- Réflexion

Lorsqu'un rayon arrive à l'interface entre deux milieux isotropes et homogènes différents, il donne naissance à un rayon réfléchi et à un rayon transmis (réfracté). On distingue deux types de réflexion :

- La réflexion diffuse est produite par une surface irrégulière. Elle ne produit pas d'image discernable. C'est cependant cette sorte de réflexion qui nous permet de voir le monde qui nous entoure.
- La réflexion spéculaire est produite par une surface très lisse (miroir ou surface d'eau très calme). Elle produit une image discernable d'un objet [5].

I.5.1- Pouvoir réflecteur

La lumière réfléchie n'emporte pas entièrement l'énergie incidente. On définit le pouvoir réflecteur R d'une interface comme étant le rapport de l'énergie lumineuse réfléchie sur l'énergie lumineuse incidente. En incidence normale ($i_1 = i'_1 = 0$), on a $R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$

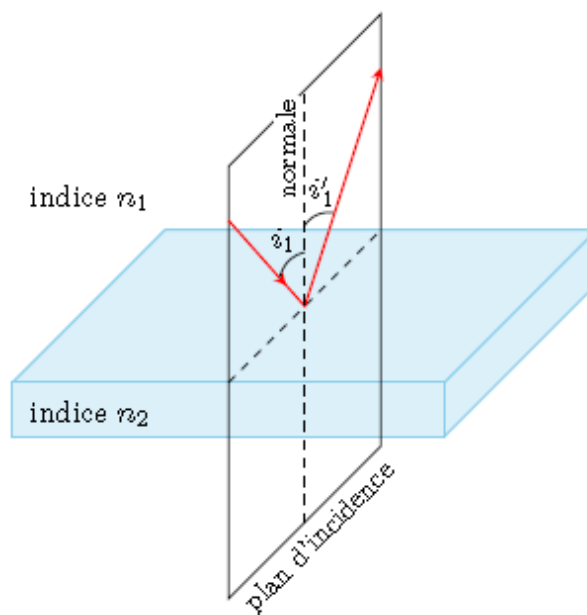


Figure I.5- Réflexion d'un rayon sur une interface.

Pour une interface verre-air R vaut 4%. En déposant une couche mince métallique sur l'interface on ramène le pouvoir réflecteur très proche de 100%, on parle alors de miroir [5].

Chapitre II

Distillateur solaire avec des réflecteurs externes

II.1- Introduction

Les personnes vivant dans des régions isolées ou des îles, où l'approvisionnement en eau douce par les transports est coûteux, sont confrontées chaque jour au problème de la pénurie d'eau. La distillation solaire est une source parfaite de l'eau douce pour l'agriculture et la consommation dans ces régions. Elle présente des avantages spécifiques pour une utilisation dans ces zones en raison de sa construction simple, fonctionne avec une énergie gratuite, propre et respectueuse de l'environnement. Le principal inconvénient des appareils de distillation solaire est leur productivité en eau douce inférieure à celle des autres systèmes de dessalement, où la production de distillateur solaire conventionnel est entre 2 et 5 litres/m² par jour [6].

Il existe plusieurs types de distillateurs solaires, et les scientifiques concevoir différents types d'appareils de distillation solaire afin d'améliorer leur productivité. Ils ont conclu que les dispositifs de distillation solaire avec des réflecteurs sont l'un des types les plus efficaces. Les réflecteurs, qu'ils soient externes ou internes, sont bien ajustés et peu coûteux pour augmenter le rayonnement solaire.

II.2- Distillateur solaire incliné à mèche

Dans un distillateur solaire à mèche incliné (figure II.1) l'eau d'alimentation coule lentement à travers une garniture poreuse, qui absorbe le rayonnement solaire (mèche).

Deux avantages sont revendiqués sur les distillateurs à mèche incliné. Premièrement, la mèche peut être inclinée de sorte que l'eau d'alimentation présente un meilleur angle avec le soleil (réduisant la réflexion et présentant une grande surface efficace). Deuxièmement, moins d'eau d'alimentation dans le distillateur à tout moment donc l'eau est chauffée plus rapidement et a une température élevée.

Les distillateurs simples à mèche sont plus efficaces que les distillateurs à bassin et quelques conceptions sont prétendues pour coûter moins qu'un distillateur à bassin du même rendement [7].

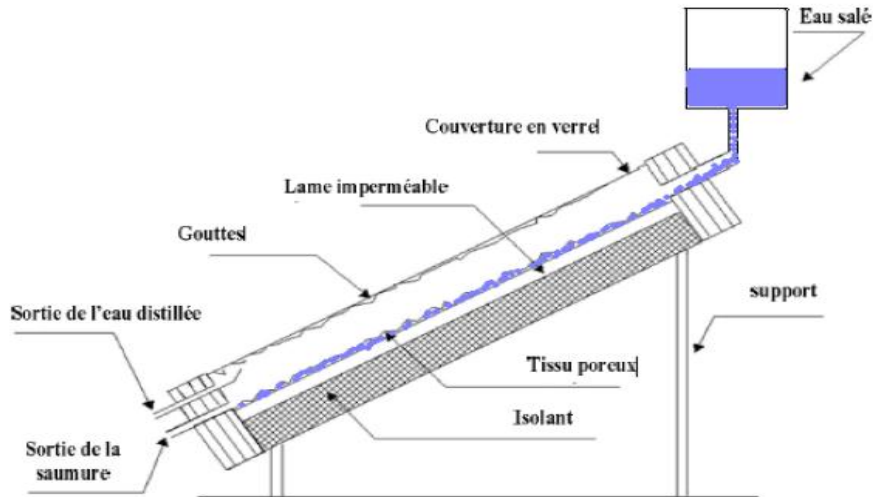


Figure II.1- Distillateur solaire incliné à mèche [8].

II.3- Fonctionnement des distillateurs solaires conventionnels avec réflecteurs

Les réflecteurs sont des outils utiles pour concentrer et réorienter le rayonnement solaire. Ils sont utilisés pour modifier la direction du rayonnement solaire afin d'améliorer l'efficacité de bassin [9].



Figure II.2- Distillateur solaire avec un réflecteur externe supérieur [10].

II.4- Classification des distillateurs solaires avec des réflecteurs

Pour obtenir de meilleurs rendements en distillats, les chercheurs ont travaillé dur pour concevoir différents types d'appareils de distillation solaire. Ils ont conclu que les distillateurs avec des réflecteurs sont plus efficaces. Les réflecteurs dans les distillateurs solaires peuvent être divisés en trois types: réflecteurs internes, réflecteurs externes (haut et bas) et la

combinaison des réflecteurs internes et externes. L'utilisation des réflecteurs externes peut être un moyen rentable d'augmenter la quantité de rayonnement solaire incident sur le bassin afin de rendre la productivité aussi élevée que possible [9]. Dans cette partie nous intéressons aux distillateurs solaires avec des réflecteurs externes.

II.4.1- Distillateurs solaires avec des réflecteurs externes

Les réflecteurs externes utilisés dans le distillateur solaire sont constitués de matériaux hautement réfléchissants. Les rayonnements solaires diffus et directs transmis à travers la vitre sont améliorés grâce aux réflecteurs externes qui sont placés soit du côté supérieur ou du côté inférieur. Dans cette partie nous intéressons aux distillateurs avec des réflecteurs externes supérieurs [9].

II.4.1.1- Distillateurs solaires avec des réflecteurs externes supérieurs

Tanaka et al. [11-13] ont effectué des recherches numériques sur un distillateur solaire à mèche inclinée avec un miroir supérieur (vertical [11], avant [12] et arrière [13]) fixé au bord supérieur de distillateur. Ils ont présenté des modèles géométriques pour calculer l'irradiation solaire réfléchie par un miroir supérieur, puis absorbée par la mèche évaporant. Ils ont conclu que le miroir supérieur peut augmenter le rayonnement solaire absorbé par la mèche, et la quantité de l'irradiation solaire réfléchie par le miroir supérieur et absorbée par la mèche peut être améliorée en inclinant le miroir supérieur vers l'arrière en été et vers l'avant en hiver.

Une analyse théorique a été utilisée par Tanaka et Nakatake [11] pour étudier l'effet d'un réflecteur extérieur plan vertical sur la productivité d'un distillateur solaire à mèche inclinée et a montré une augmentation moyenne de 9% par an, figure II.4 Une autre analyse théorique d'un distillateur solaire à mèche inclinée avec un réflecteur extérieur supérieur en hiver a été faite par Tanaka et Nakatake [12], figure II. 5 Leurs résultats montrent que la productivité d'un distillateur avec un réflecteur incliné serait d'environ 15% ou 27% supérieure à celle d'un réflecteur vertical lorsque la longueur du réflecteur est égale à la moitié ou à la même valeur de la longueur de distillateur.

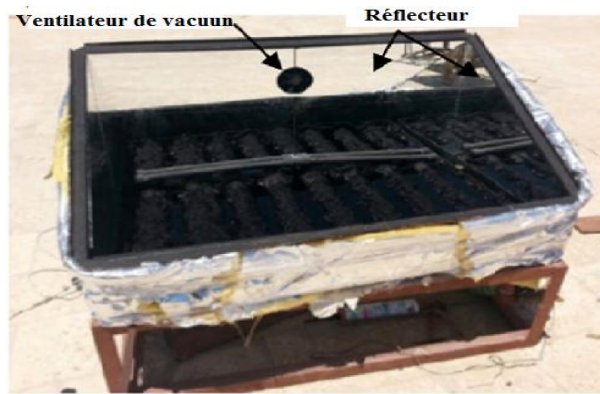


Figure II.3- Distillateur solaire à mèche ondulée avec réflecteurs et ventilateur aspirant [19].

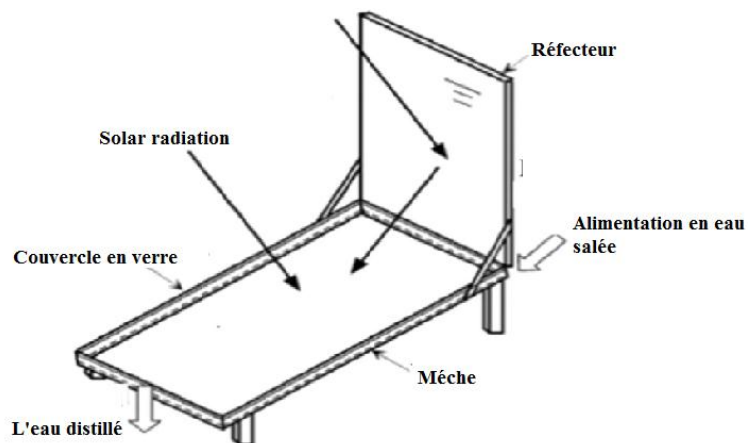


Figure II.4- Distillateur solaire à mèche incliné avec un réflecteur externe vertical supérieur [11].

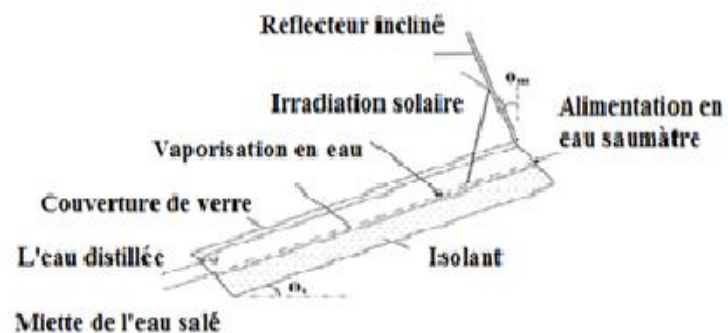


Figure II.5- Distillateur solaire à mèche incliné avec un réflecteur externe supérieur [12].

De plus, une analyse théorique a été réalisée par Hiroshi [13] pour un distillateur solaire incliné à mèche avec un réflecteur externe supérieur figure II.6 dans le but de déterminer l'inclinaison optimale à la fois pour le réflecteur et le distillateur solaire pour différentes saisons. Les résultats montrent que la latitude 30°N est le meilleur angle d'inclinaison pour le distillateur ou le réflecteur. En outre, il a conclu que, quelle que soit la saison, la productivité journalière de distillateur solaire peut être améliorée en ajustant l'inclinaison du réflecteur et de distillateur solaire, produisant ainsi environ 21% de plus par rapport au distillateur solaire incliné à mèche sans réflecteur tout au long de l'année.

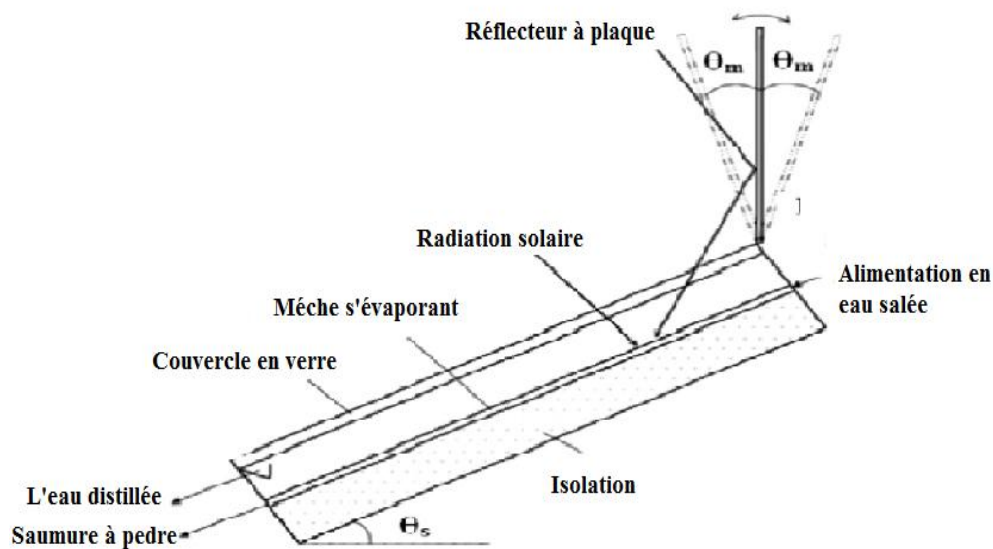


Figure II.6- Distillateur solaire à mèche incliné avec un réflecteur externe supérieur [13].

Tanaka et Nakatake [14] ont été présentée une autre étude théorique pour un distillateur solaire à mèche incliné avec un système de suivi une pas et avec un réflecteur plan vertical, figure II. 7. On suppose que la rotation de distillateur est effectuée manuellement une fois par jour au sud. Ils ont procédé à des analyses numériques des transferts de chaleur et de masse dans le distillateur afin de déterminer la productivité journalière de distillateur pour quatre jours typiques: les équinoxes de printemps et d'automne et les solstices d'été et d'hiver au 30° de latitude nord. Les résultats ont indiqué pour les quatre jours que l'augmentation de la productivité de distillateur solaire à mèche incliné serait environ 41%.

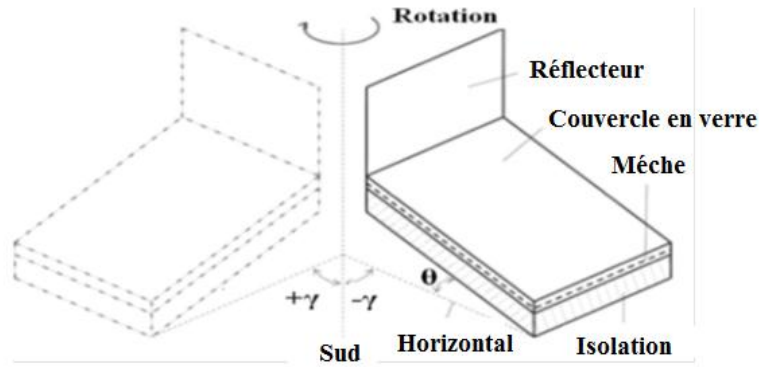


Figure II.7- Distillateur solaire à mèche incliné avec un système de suivi d'azimut et avec un réflecteur [14].

E1-Bahi et Inan [15] ont été examiné un distillateur conventionnel avec un condenseur externe (Figure II. 8). Un réflecteur en acier inoxydable a été ajouté à la vitre afin de refléter le rayonnement solaire dans le bassin de distillateur à travers le couvercle en verre. L'étude a permis de conclure que l'efficacité du système solaire a été améliorée d'environ 70% et que la productivité journalière atteignait $7 \text{ l/m}^2/\text{jour}$.

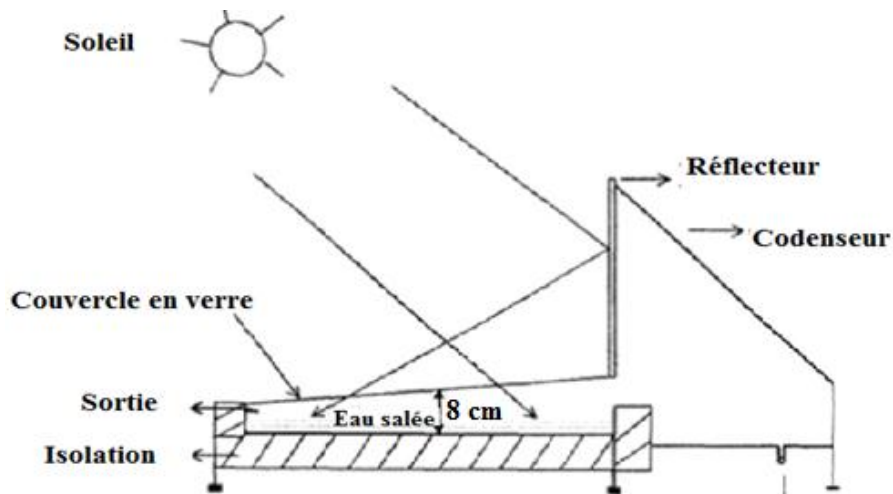


Figure II.8- Distillateur solaire avec un condenseur externe et un réflecteur supérieur [15].

Madhlopa et Johnstone [16] ont été proposé un modèle pour calculer la répartition de l'irradiation solaire dans un distillateur conventionnel avec un réflecteur et un condenseur externe, figure II. 9Le système comportait un bassin (bassin 1) dans la chambre d'évaporation et deux autres bassins (2 et 3) dans la chambre de condensation. Il y avait un couvercle en verre sur le bassin évaporateur et un couvercle opaque de condensation sur le bassin 3. La vapeur d'eau du premier bassin se condense sous le couvercle en verre pendant que le reste s'écoule dans le condenseur par purgation, diffusion et condensation sous la surface du bassin 2. Ils ont été constaté que l'eau distillée représentait environ $2,2 \text{ kg/m}^2/\text{jour}$.

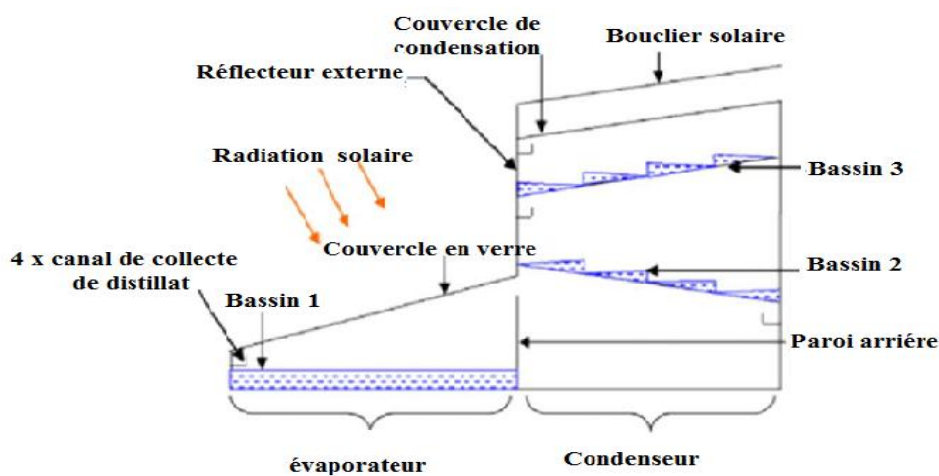


Figure II.9- Distillateur solaire multi-bassin avec un réflecteur et un condenseur externe [16].

Les performances d'une unité de distillation solaire à miroir acrylique ont été étudiées par Shanmugan et al. [17]. Les performances de distillateur solaire en termes de collecte d'eau distillée ont été analysées et un miroir (acrylique) a été fixé juste au-dessus de couvercle en verre de distillateur solaire.

Le miroir reflète l'excès de rayonnement solaire dans l'eau et il est possible de régler le miroir pour obtenir une réflexion parfaite en fonction de l'angle de déplacement du soleil, comme illustré à la figure II. 10La quantité d'eau distillée recueillie par jour était d'environ 4,2 litres et l'efficacité de distillateur était jusqu'à 35%, et augmenté à 45% avec le miroir.

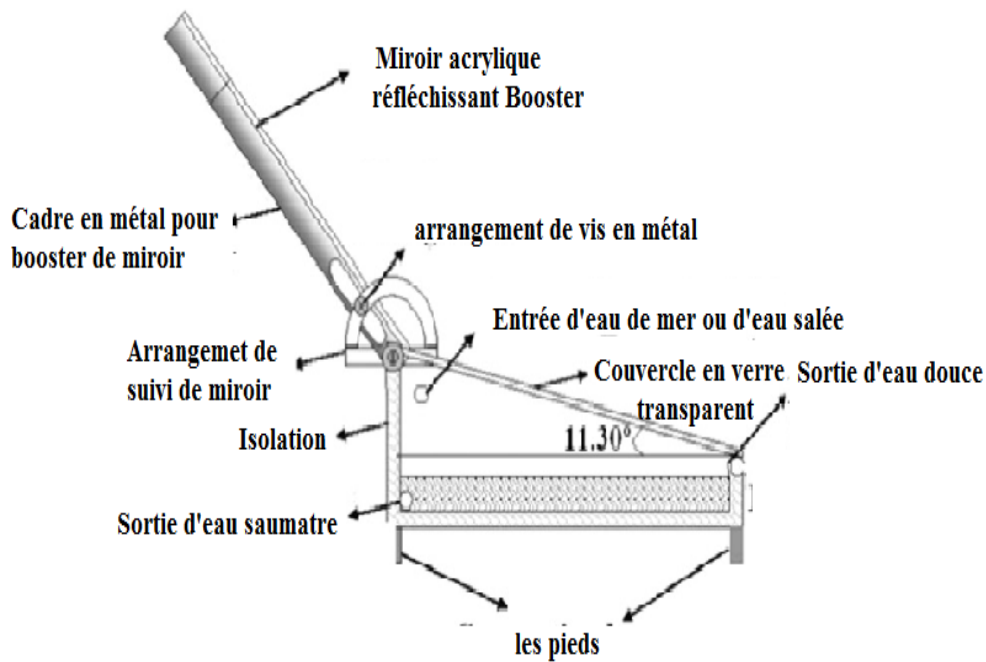


Figure II.10- Unité de distillation solaire avec un miroir [12].

Srivastava et al. [18] ont expérimenté un distillateur solaire modifié avec plusieurs absorbeurs poreux à faible inertie thermique, figure II.11. Les absorbeurs étaient constitués de toile en jute et flottaient sur l'eau du bassin. Les surfaces des absorbeurs étaient toujours humides et donc il n'y avait pas de taches sèches. Les résultats ont montré que la productivité était supérieure de 68% à celle de distillateur solaire conventionnel et 35% de plus par temps nuageux. L'eau du bassin sous l'absorbant flottant restait chaude pendant les heures d'absence de rayonnement solaire, et par conséquent, le distillat a été produit même la nuit. Double réflecteur a été placé perpendiculairement sur le distillateur modifié. La productivité a été augmentée de 79% par rapport au distillateur sans réflecteur.

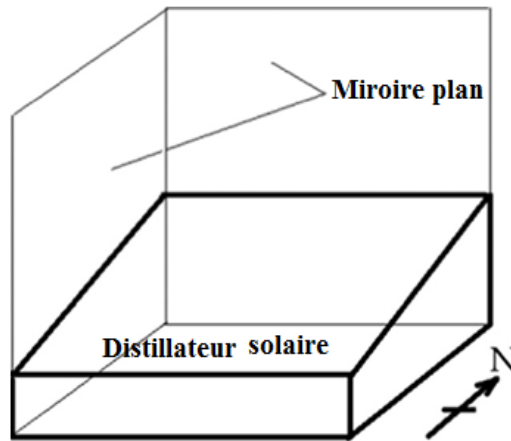


Figure II.11- Distillateur solaire avec double réflecteur [16].

La performance thermique d'un distillateur solaire de type «V» avec un absorbeur au charbon de bois a été analysé par Selva Kumar et al. [19]. L'avantage principal de ce type de distillateur réside dans le fait que la collecte d'eau distillée a été dirigée vers le canal de collecte central comme indiqué à la figure II.12.

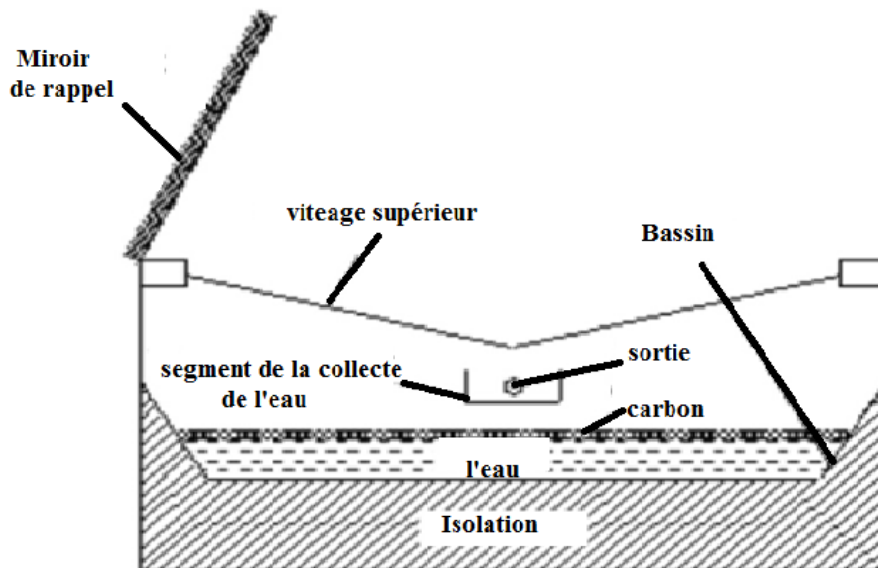


Figure II.12-Distillateur solaire de type "V" avec un réflecteur externe [17].

la production d'eau distillée a été augmenté. L'efficacité est 24,47% et 11,92% pour le distillateur sans et avec le miroir, respectivement. Il a également mené des expériences similaires avec un absorbeur en charbon dans le distillateur sans et avec le miroir qui a été donné 30.05% et 14.10% respectivement.

II.5-Conclusions

Les réflecteurs sont utilisés pour augmenter la production de l'eau distillée par les distillateurs solaires. Les conclusions qui suivent peuvent être déduites de la recherche bibliographique ci-dessus:

- L'installation des réflecteurs est plus pratique dans les endroits où le rayonnement solaire est faible et la température ambiante relativement basse.
- L'angle du réflecteur externe doit être changé avec les saisons pour améliorer la productivité tout au long de l'année.
- Le réflecteur externe est incliné en avant ou en arrière de mois en mois.
- La productivité journalière peut être augmentée en ajustant l'inclinaison du miroir en toute saison.
- Les avantages des réflecteurs extérieurs seront bien moins importants en été qu'en hiver.
- Pour les couvercles en verre avec une grande inclinaison l'effet du réflecteur supérieur externe sera plus faible.

Chapitre III

Etude expérimentale & résultats et discussions

III.1- Présentation de la région d'expérimentation

III.1.1- Situation géographique

La Wilaya de M'sila, dans ses limites actuelles, occupe une position privilégiée dans la partie centrale de l'Algérie du nord dans son ensemble, elle fait partie de la région des hauts plateaux du centre et s'étend sur une superficie de 18.175 km².

Sa position géographique fait que sa vocation principale demeure l'agro-pastoralisme tributaire d'une pluviométrie malheureusement faible et irrégulière ne dépassant pas les 250 mm par an [31].

Elle est limitée :

- Au Nord Est par les wilayas de Bordj Bou-Arredj et Sétif.
- Au Nord Ouest par les wilayas de Médéa et Bouira.
- A l'est par la wilaya de Batna.
- A l'ouest par la wilaya de Djelfa.
- Au Sud Est par la wilaya de Biskra.

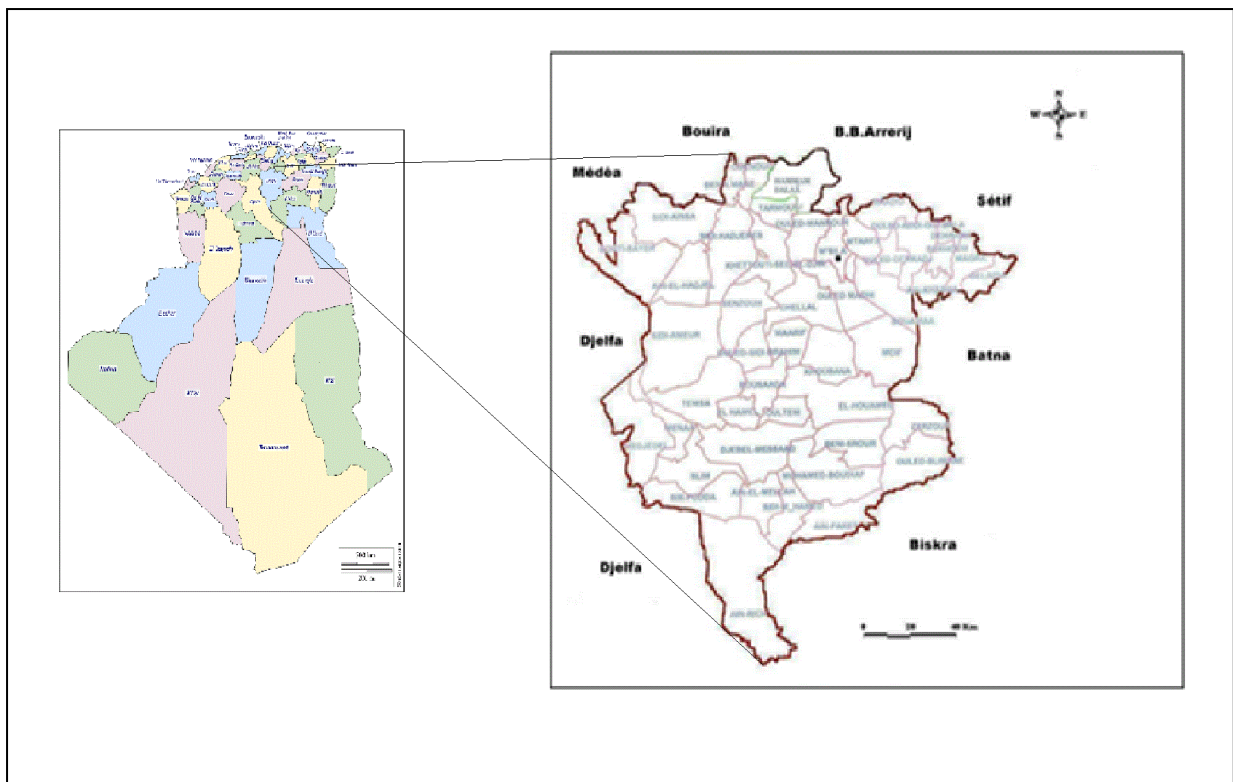


Figure.III.1- Localisation de la wilaya de M'sila.

III.1.2- Relief

Le territoire de la wilaya de M'Sila, situé dans la zone des hauts plateaux, entre les deux chaînes de montagnes qui sont l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. La configuration géographique se présente comme suit:

- Une zone de montagne de part et d'autre du chott El Hodna
- Une zone centrale constituée essentiellement de plaines et de hautes plaines.

Comprenant en son sein une zone de dépression qui constitue le chott El Hodna au centre Est et le chott Zahrez Chergui au centre Ouest, Une zone de dunes de sable éolien [32].

III.1.3- Climat

Le climat de la wilaya est de type continental soumis en partie aux influences sahariennes. L'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid.

Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée se trouve au Nord, elle reçoit près de 480 mm/an (Djebel Ech Chouk-Chott de Ouanougha), quant au reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême Sud de la wilaya et reçoit moins de 200 mm/an.

-Températures :

Minima : - 0,6°C à 6, 2°C (hivers froids).

Maxima : 33°C à 37,9°C (Juillet- Août).

Les vents du nord sont fréquents pendant l'hiver alors que ceux du sud soufflent en été avec des rafales brûlantes [32].

III.2- Réalisation de distillateur solaire

Dans ce chapitre, nous allons décrire les différents composants de distillateur solaire avec les étapes de réalisation.

III.2.1- Conception du distillateur solaire

Le distillateur solaire utilisé dans notre étude est d'une conception très simple. Il à été réalisé au niveau de laboratoire de physique énergétique, avec des matériaux locaux cent pour cent.



Figure III.2- Installation expérimentale de distillateur solaire à mèche avec un réflecteur externe.



Figure III.3- Installation expérimentale de distillateur solaire à mèche sans réflecteur.



Figure III.4- Installation expérimentale de distillateur conventionnel.

III.2.2- Composants de distillateur solaire à mèche avec un réflecteur externe

III.2.2.1- Bac

Le bac absorbe le rayonnement solaire global et transmette la chaleur produite par cette absorption vers la saumure, c'est pour cette raison qu'il est peint en noir mat. Il est en fer galvanisé.

Les dimensions de l'absorbeur sont :

- Longueur : 0.9 m.
- Largeur : 0.4 m.
- Hauteur : 0.08 m.



Figure III.5- Bac absorbant.

III.2.2.2- Couverture verrière (verre)

On a choisi le verre ordinaire pour leur bonne transmission du rayonnement visible et leur mouillabilité d'un part, et pour leur cout (moins chère) d'autre part. Les dimensions de la vitre sont :

- Longueur : 0.94 m.
- Largeur : 0.44 m.
- Epaisseur : 0.04 m.
- Profondeur : 0.12 m.



Figure III.6- Couverture transparente en verre ordinaire

III.2.2.3- Isolation thermique

Généralement, l'isolation thermique du distillateur est en laine de verre ou en polystyrène expansé. L'épaisseur varie de 6 à 10 cm. Il faut noter que les produits utilisés résistent aux températures de fonctionnement. Les dimensions de l'isolant thermique sont:

- Longueur : 0.98 m.
- Largeur : 0.47 m.
- Epaisseur : 0.06 m.



Figure III.7- Coffre avec l'isolant en polystyrène.

III.2.2.4- Miroir

Le miroir est placé avec un angle de 8° par rapport à la verticale. Cet angle nous donnera un bon compromis entre la réflexion sur la vitre du distillateur et la surface de la projection du rayonnement réfléchi par le miroir.

- Longueur : 0.9 m.
- Largeur : 0.4 m.
- Surface : 0.36 m.



Figure III.8- Miroir externe.

III.2.2.5- Cuve de récupération du distillat

Pour la récupération du distillat on a utilisé une bouteille graduée.



III.2.2.6- Tuyauterie






La tuyauterie utilisée entre le bac absorbant et la cuve de récupération est en plastique de nom commercial « Tigre ».

III.2.3- Composants standards

Ces composants ont été choisis de façon constructive (dimensions proportionnelles à la taille du système) et selon la disponibilité sur le marché. Ces composants sont décrits dans le tableau III.2.

Tableau III.2- Composants standards de distillateur solaire.

Matière	Dimension	Quantité	Observation
Peinture noire	—	1	
Mèche	Les mêmes dimensions du bac absorbant	1	

<p>Silicone mécanique</p>	<p>—</p>	<p>2</p>	
<p>Support</p>	<p>—</p>	<p>1</p>	
<p>Silicone</p>	<p>—</p>	<p>4</p>	
<p>Téflon</p>	<p>—</p>	<p>1</p>	
<p>Thermometers digitaux</p>	<p>—</p>	<p>6</p>	

III.3- Tests expérimentaux

Dans cette étude, on a essayé d'améliorer les performances de distillateur solaire à mèche incliné par un réflecteur externe pour augmenter le rayonnement reçu par l'absorbeur de distillateur. Le distillateur solaire proposé a été testé expérimentalement au niveau du laboratoire de physique énergétique et énergies renouvelables, faculté des sciences, université de M'sila, Algérie, durant les mois d'avril, mai et juin 2019.

Le distillateur solaire est posé sur un support incliné avec un angle de 36° , égal à la latitude du M'sila, et orienté vers la direction nord-sud pour recevoir la quantité maximale du rayonnement solaire pendant les journées des tests.

Les grandeurs mesurées sont : la vitesse du vent, la température ambiante et les températures des composantes de distillateur solaire (surface intérieure de la vitre, mèche, bac), la température de l'air humide dans le distillateur. Elles sont enregistrés chaque demi-heure à partir de 9h jusqu'à 17h.

III.4- Test du mois d'avril

III.4.1- Température ambiante

La température ambiante augmente avec le temps et passe de 22 à 28.5°C . Elle a des effets sur le processus de distillation solaire.

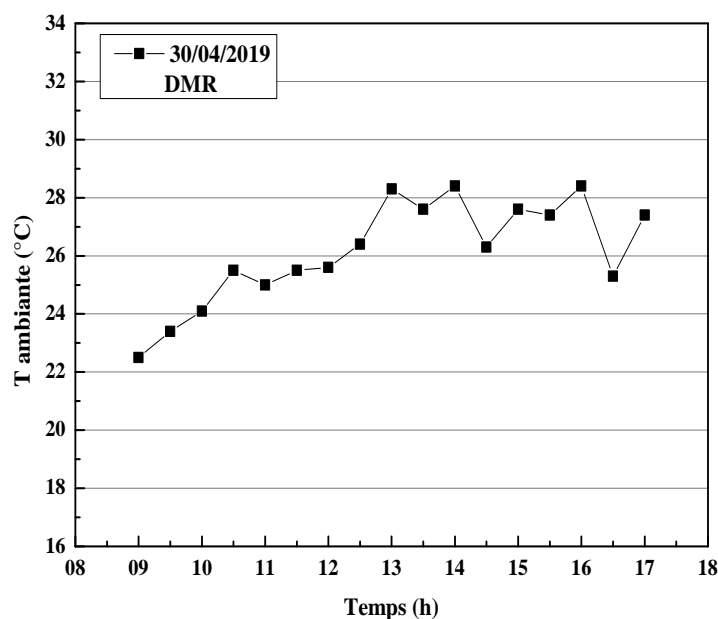


Figure III.9- Variation de la température ambiante.

III.4.2- Les températures des composantes de distillateur solaire

La figure III.10 représente les variations des températures de bac (T_b), de la mèche (T_m), de couvercle en verre (T_v) et de l'air humide dans le distillateur (T_t).

Toutes les températures augmentent la matinée du façon rapide jusqu'à 12:30 h, puis elles atteignent son maximum à 14:00 h, et enfin elles sont diminuées lentement par apport au matin, ceci due à l'inertie thermique des composantes de distillateur solaire. Les températures de la mèche, de bac et de la surface intérieure de la vitre sont dépassées 70, 60 et 50 °C respectivement.

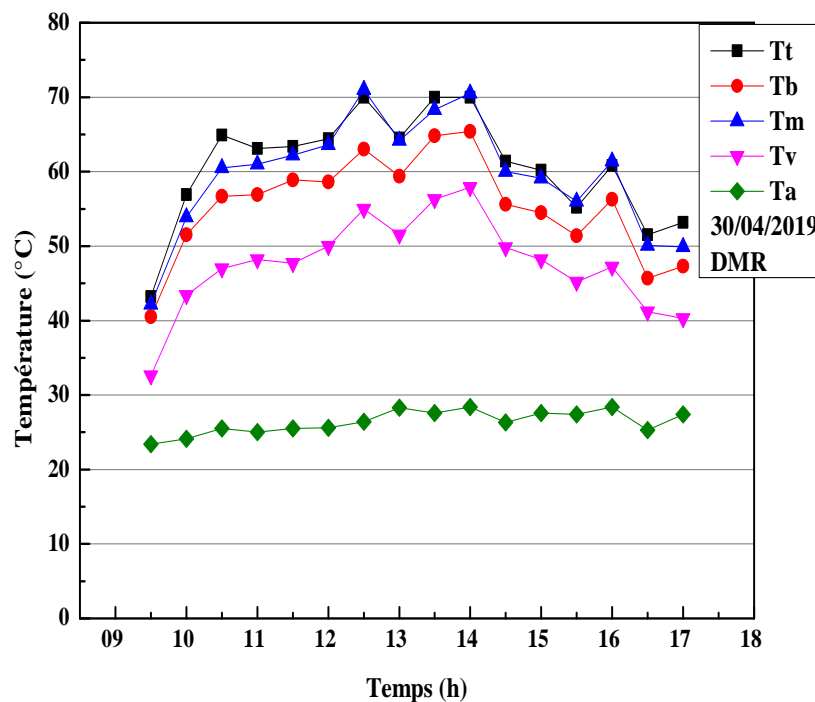


Figure III.10- Variation des températures des composantes de distillateur avec mèche et réflecteur.

III.4.3- Production

Les variations de la production totale (journalière) et horaire des distillateurs solaires utilisés dans cette étude pour le mois d'avril sont présentées sur les figures III. 11 et III. 12. La productivité totale de distillateur solaire à mèche avec réflecteur est d'environ 3,19 kg/m², ceci est principalement dû à l'effet de l'utilisation de réflecteur externe.

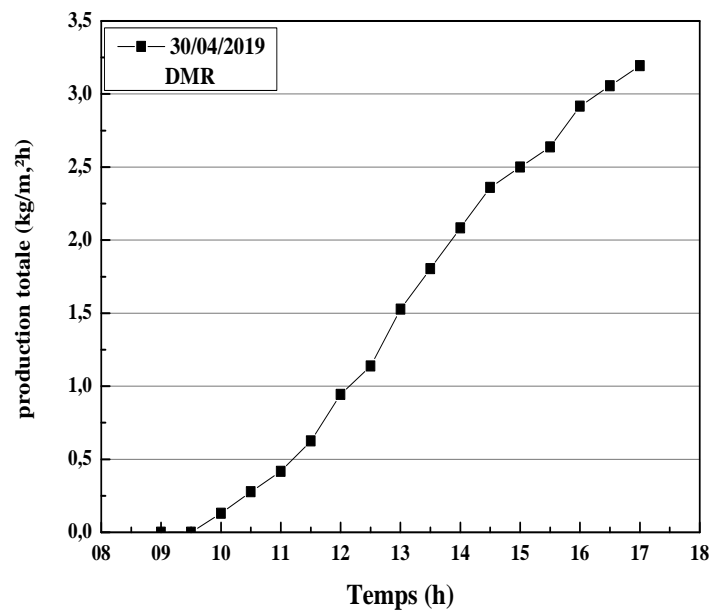


Figure III.11- Production totale de distillateur solaire à mèche avec réflecteur.

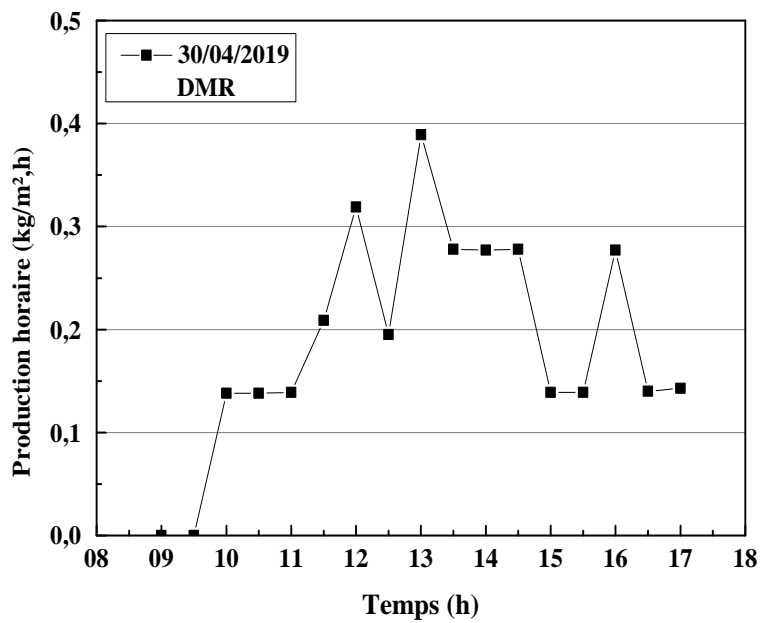


Figure III.12- Production horaire de distillateur solaire à mèche avec réflecteur.

III.5- Tests du mois de mai

III.5.1- Température ambiante

La figure III.13 montre que la température ambiante des trois jours des tests du mois de mai augmente avec le temps et passe de 20.8 à 37.3 °C.

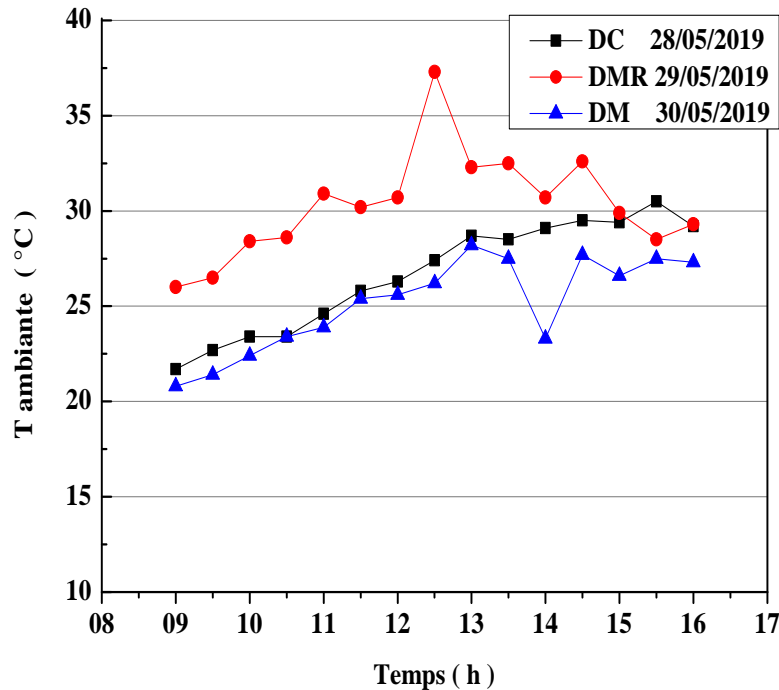


Figure III.13- Variation temporelle de la température ambiante.

III.5.2- Températures des composantes de distillateur solaire

Les figures III.14 jusqu'à III.16 montrent les variations temporelles des températures de bac, de la mèche, de couvercle en verre, de l'air humide et la température de l'eau dans le distillateur conventionnel.

Les valeurs des températures mesurées durant les jours ensoleillés du mois de mai sont élevées que celles du mois d'avril, elles atteignent leurs maximums entre 13:00 h et 14:30 h. La température de la surface intérieure de la vitre pour le distillateur solaire à mèche avec réflecteur est plus élevée que celles de distillateur à mèche sans réflecteur et de distillateur conventionnel à cause des rayons réfléchis par le réflecteur sur la vitre d'une part et l'effet de l'augmentation de la température de la mèche d'autre part, aussi les températures de la mèche

et du bac pour le distillateur avec réflecteur est plus élevé que celles de distillateur sans réflecteur.

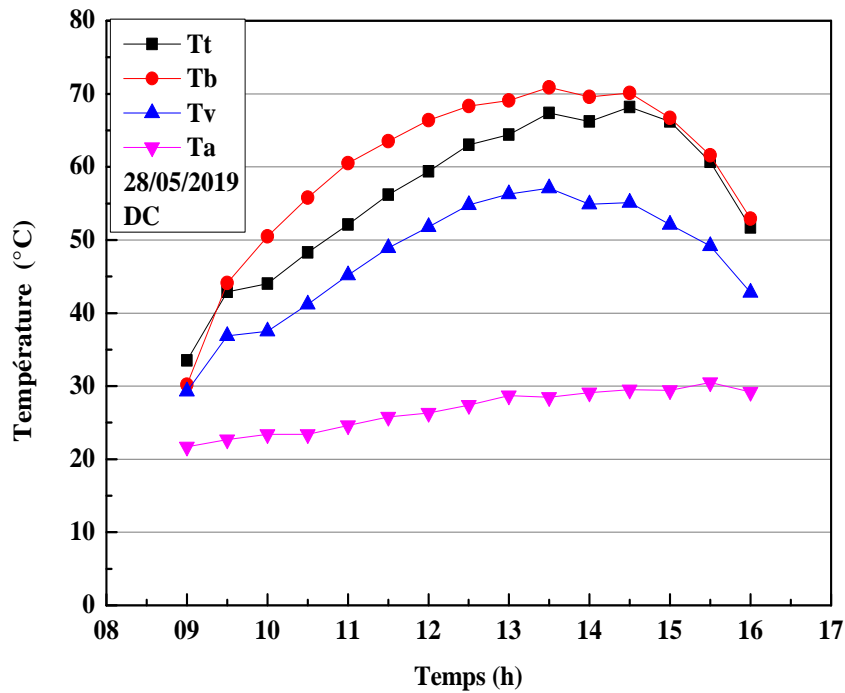


Figure III.14- Variation des températures des composantes de distillateur conventionnel

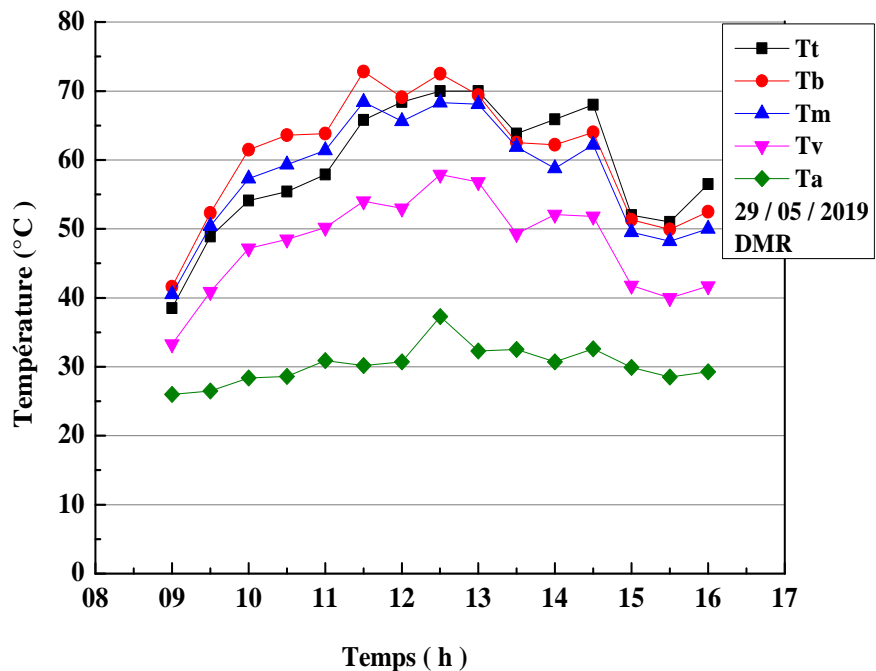


Figure III.15- Variation des températures des composantes de distillateur à mèche avec réflecteur.

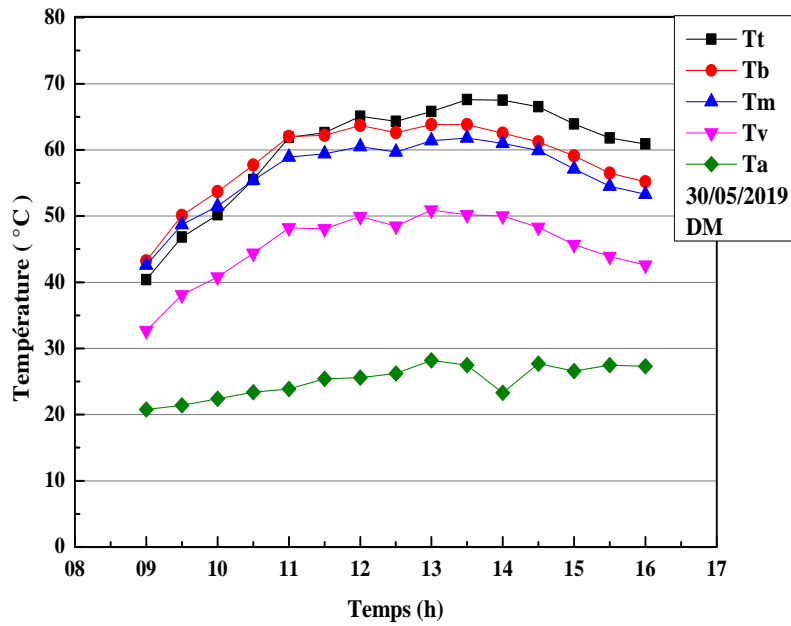


Figure III.16- Variation des températures des composantes de Distillateur à mèche sans réflecteur.

III.5.3- Ecart des températures mèche-vitre

La figure III.17 représente l'écart entre la température de la mèche (évaporateur) et celle du vitrage (condenseur), la valeur de cette différence reflète directement et proportionnellement sur la production de distillateur solaire.

L'écart des températures mèche-réflecteur est atteint 14.4°C et 11°C successivement pour le distillateur solaire à mèche avec réflecteur et pour le distillateur solaire à mèche sans réflecteur.

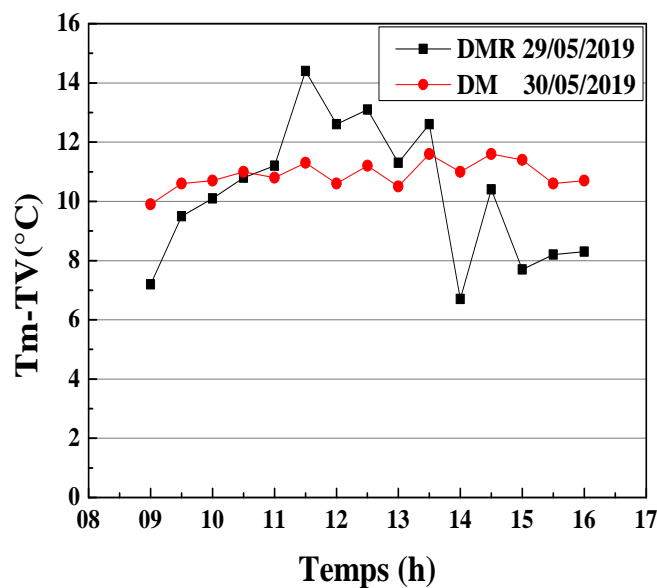


Figure III.17- Ecart des températures mèche-vitre.

III.5.4- Production

Les variations de la production totale et horaire des tous les distillateurs solaires utilisés pour ce moi est présenté sur les figures III.18 et III.19. La comparaison entre les productions totales montre que le distillateur solaire à mèche avec un réflecteur a la meilleure valeur que celles des autres distillateurs. Les valeurs obtenues sont: 5, 3.9 et 3.4 kg/m^2 respectivement pour le distillateur à mèche avec un réflecteur, le distillateur solaire à mèche sans réflecteur et le distillateur conventionnel, avec une amélioration de 32 et 22 % par rapport au distillateur à mèche sans réflecteur et au distillateur conventionnel respectivement, ceci, est dû à l'utilisation de réflecteur. Alors que le distillateur solaire à mèche sans réflecteur a une amélioration de 13 % par rapport au distillateur conventionnel.

Les courbes de la production horaire montrent que la productivité de distillateur solaire à mèche avec un réflecteur est plus élevée que les autres types surtout entre 11:30h et 14:30h où tout le rayonnement solaire incident sur le miroir est réfléchi vers toute la surface effective (la mèche) de distillateur solaire à mèche avec un réflecteur, et augmenté la température de la mèche qui entraîne une évaporation importante et rapide de l'eau à distillée, ce qui conduit à des améliorations importantes dans la quantité de l'eau distillée produite.

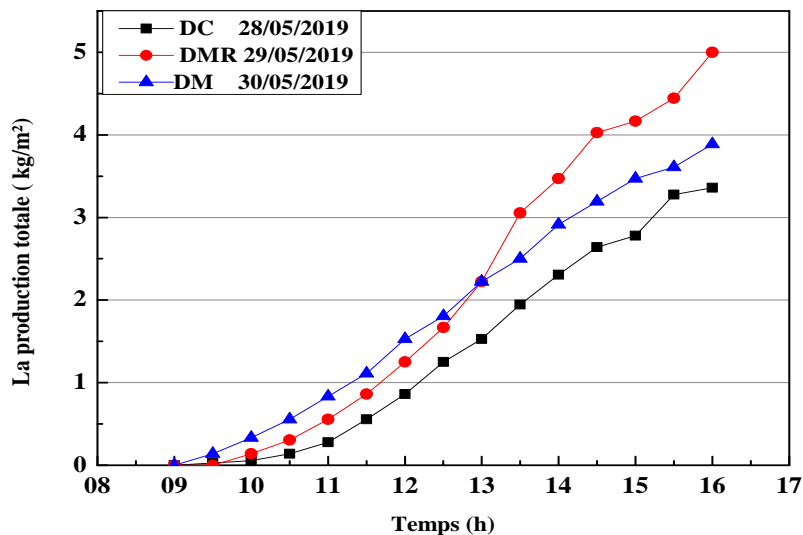


Figure III.18- Production totale des distillateurs solaires.

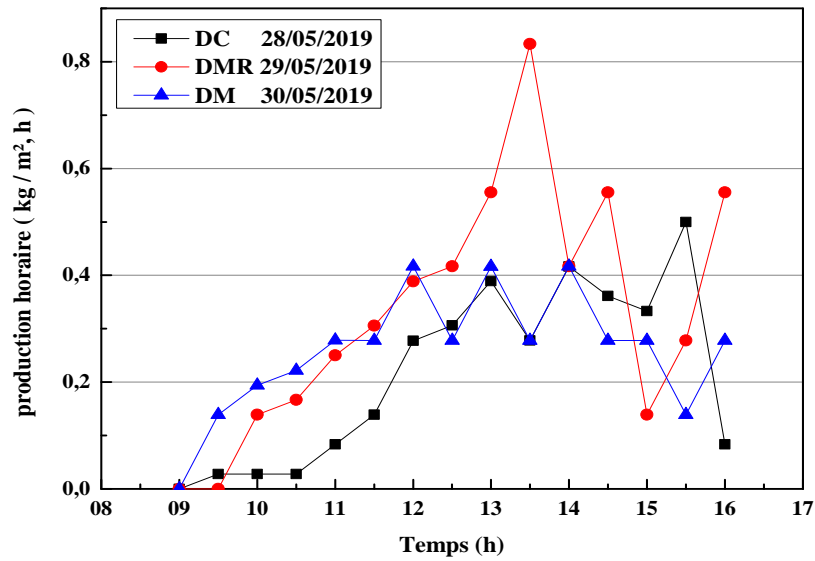


Figure III.19- Production horaire des distillateurs solaires.

III.6- Tests du mois de juin

III.6.1- Température ambiante

La température ambiante enregistrée en ce mois est plus élevée que les deux mois précédents elle est varié de 24.3 à 38.7 °C.

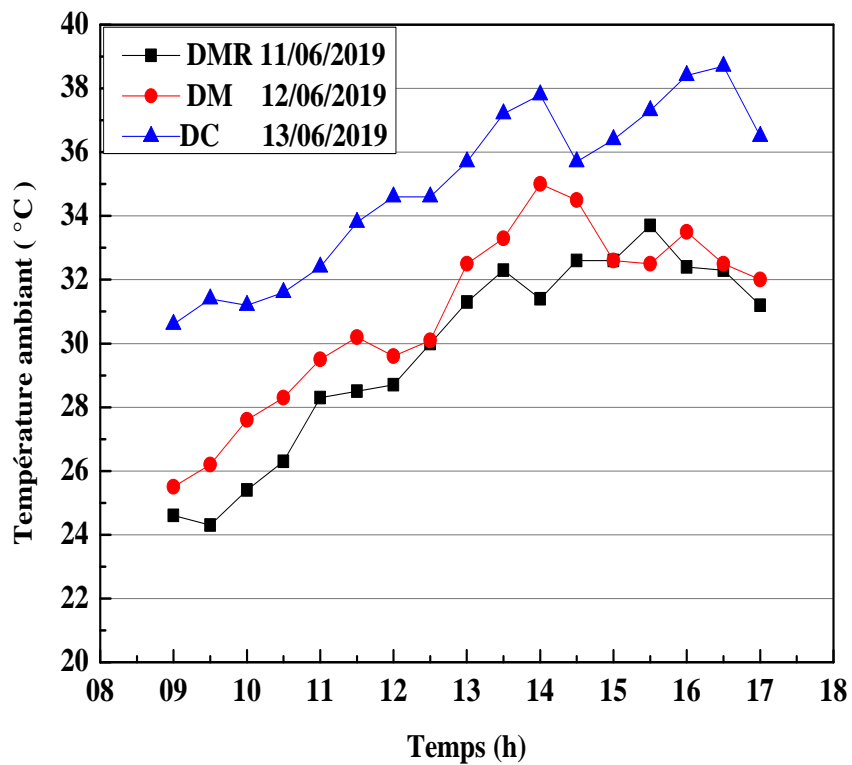


Figure III.20- Variation de la température ambiante.

III.6.2- Températures des composantes de distillateur solaire

Les figures III.21 jusqu'à III.23 illustrent les variations des températures des composantes des distillateurs solaires durant des jours ensoleillés du mois de juin. La température de mélange air-vapeur à l'intérieur de distillateur varie sous l'effet de l'irradiation solaire. La température du vitrage (condenseur) est une fonction de plusieurs variables l'intensité des rayons solaires, la température ambiante, la vitesse du vent et la condensation de vapeur qui libère leur chaleur latente de condensation. La valeur maximale enregistrée pour la température du vitrage est 58°C.

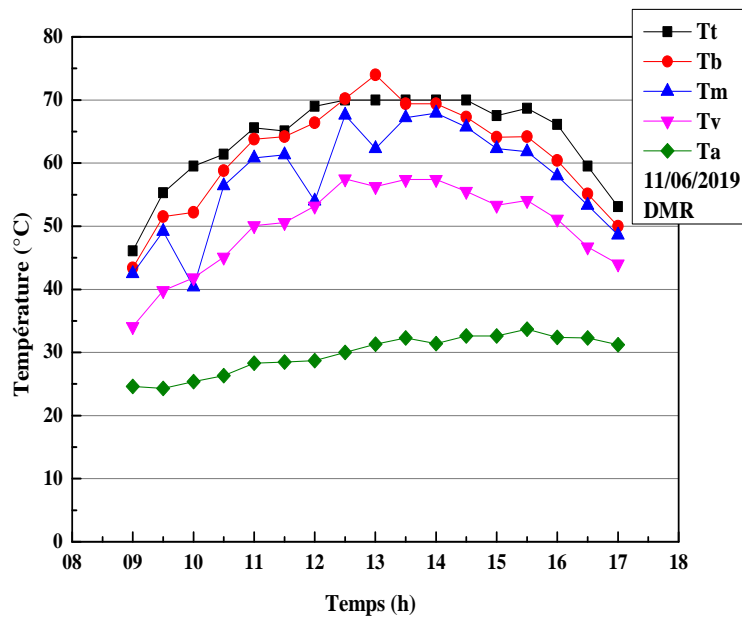


Figure III.21- Variation des températures des composantes de distillateur à mèche avec un réflecteur.

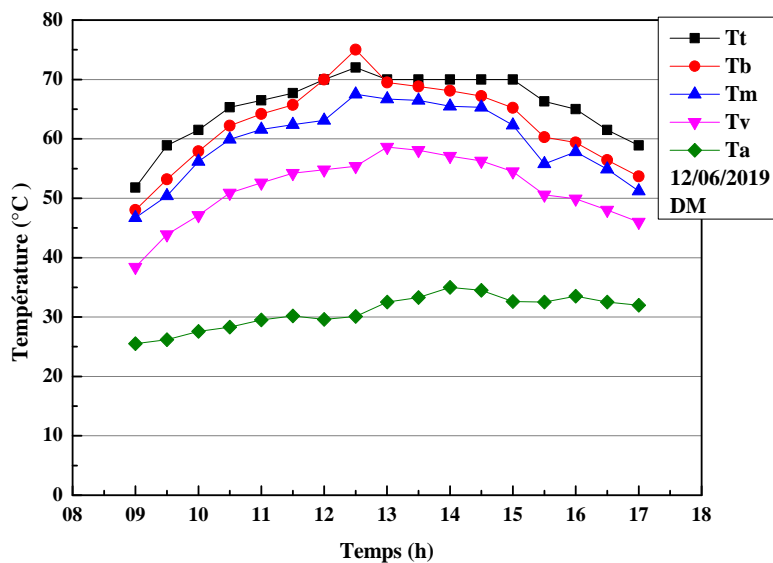


Figure III.22- Variation des températures des composantes de distillateur à mèche.

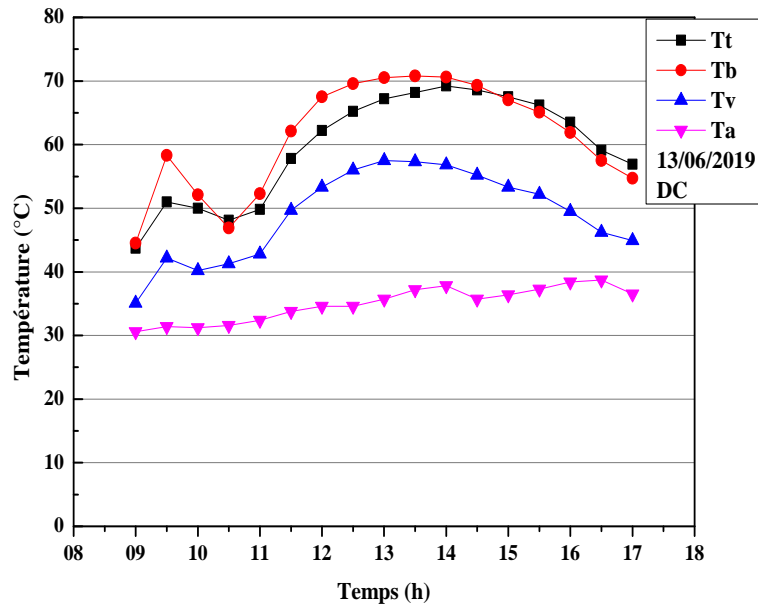


Figure III.23- Variation des températures des composantes de distillateur conventionnel.

III.6.3- Ecart des températures mèche-vitre

La figure III.24 représente l'écart entre la température de la mèche et celle de vitrage (condenseur), cette différence reflète directement et proportionnellement sur la production. L'écart pour le distillateur solaire à mèche avec un réflecteur est atteint 14.5°C, où il est d'environ 10°C pour le distillateur solaire à mèche sans réflecteur. Cette amélioration est due à l'effet du rayonnement solaire réfléchi par le miroir.

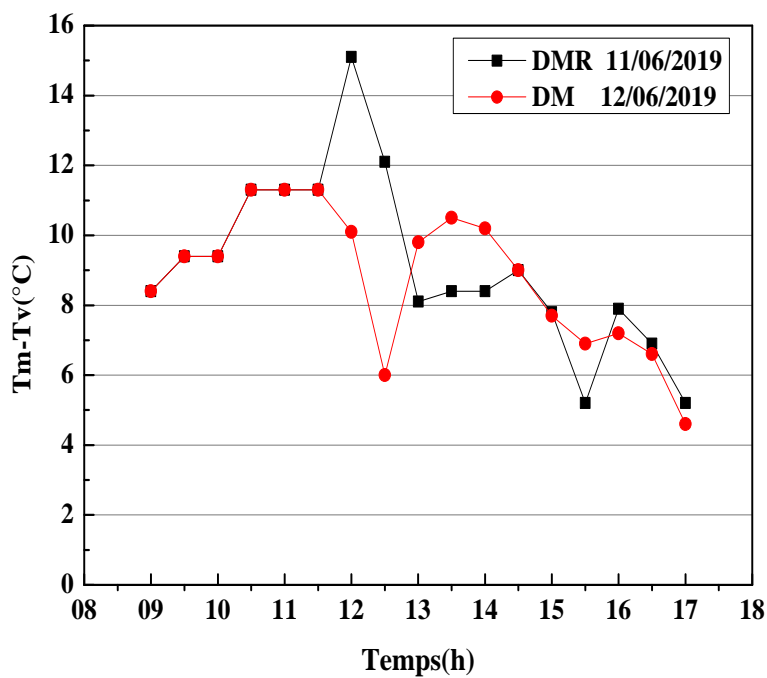


Figure III.24- Ecart des températures mèche-vitre.

III.6.4- Production

La comparaison de la production totale des trois distillateurs solaires étudiés montre que la meilleure valeur est pour le distillateur solaire à mèche avec un réflecteur puisque le miroir est augmenté la quantité du rayonnement solaire reçu par la mèche et le bac de distillateur solaire. Les productions totales des distillateurs solaires à mèche et conventionnel sont 3.9 et 4 kg/m² respectivement, alors que pour le distillateur à mèche avec un réflecteur est 5 kg/m², avec une amélioration de 22 et 19.4 % respectivement par rapport au distillateur conventionnel et au distillateur solaire à mèche.

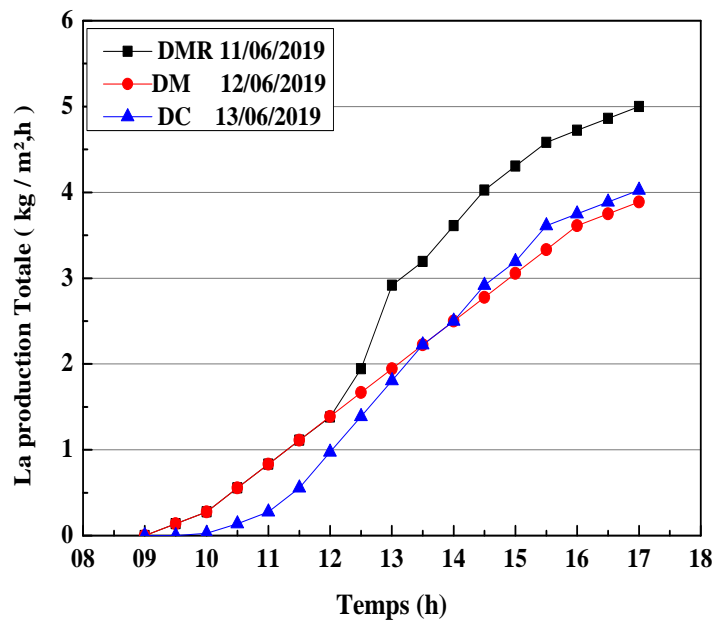


Figure III.25- Production totale des distillateurs solaires.

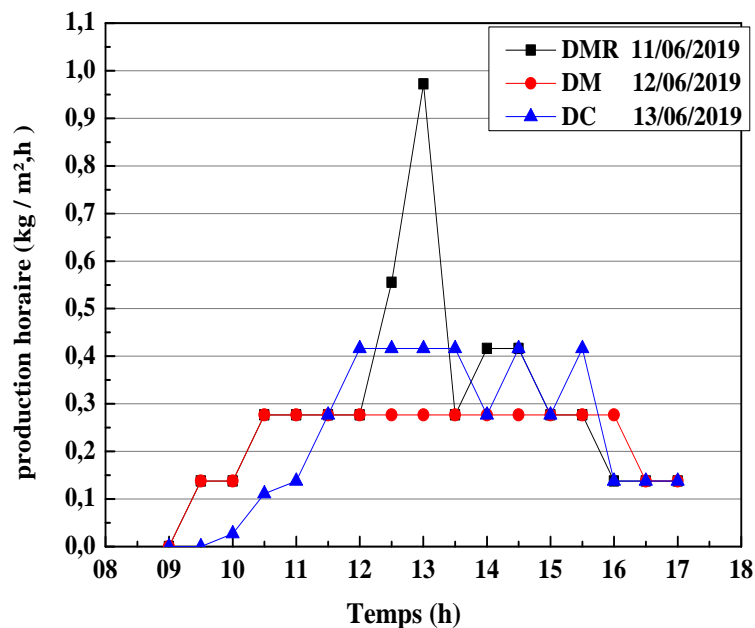


Figure III.26- Production horaire des distillateurs solaires.

III.7- Analyse économique

Le coût de l'eau distillée produit à partir d'un système de dessalement solaire dépend de coût du dispositif et du coût de fonctionnement du système. Les coûts sont influencés par les dimensions de l'unité de dessalement, l'emplacement de site, les propriétés de l'eau d'alimentation et la qualité requise de l'eau produite [33]. L'analyse économique de dispositif de dessalement de l'eau est donnée par Kabeel et al. [34], Fath et al. [34], Kumar et Tiwari [35], et Govind et Tiwari [36].

Les principaux paramètres de l'analyse économique sont : CRF (facteur de recouvrement capital), FAC (coût annuel fixe), SFF (facteur de fond d'amortissement), ASV (valeur de récupération annuelle), M (productivité annuelle moyenne) et le CA (coût annuel). L'AMC (coût annuel de maintenance), 10% du coût de système de dessalement a été considéré comme un coût de maintenance. Enfin, le CPL (coût de l'eau distillée par litre) peut être calculé en divisant le coût annuel du système AC par la production annuelle de distillateur solaire (M), et S est la valeur de récupération [34]. Le prix global du système et les prix des différentes parties sont détaillés dans le tableau suivant :

	DMR	DM	DC
Matériaux	Prix		
Vitre	980 DA	980 DA	980 DA
Coffer en bois	2400 DA	2400 DA	2400 DA
Colle silicone	250 DA	250 DA	250 DA
Isolation	500 DA	500 DA	500 DA
Les tuyaux avec une vanne	280 DA	280 DA	280 DA
Bac en fer galvanisé	400 DA	400 DA	400 DA
Revêtement noir	400 DA	400 DA	400 DA
Mèche	200DA	200DA	-----
Pâte de colle	150 DA	150 DA	150DA
Miroir	1500 DA	-----	-----
Prix total	7060 DA	5560 DA	5360DA
Prix total par m ²	19611.11 DA	15444.44 DA	14888.89DA

Tableau III.3- Prix des différentes parties du distillateur.

Les paramètres calculés sont compris dans le tableau suivant :

Parameters	Formule	DMR	DM	DC
CRF (facteur de recouvrement),	$CRF = \frac{r \times (1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$	0.17	0.17	0.17
SFF (facteur de fond d'amortissement)	$SFF = \frac{r}{(1+r)^n - 1}$	0.056	0.056	0.056
P (coût d'investissement initial)		19611.11 DA	15444.44 DA	14888.89 DA
FAC (coût annuel fixe)	$FAC = CRF \times P$	3333.89 DA/année	2625.55 DA/année	2531.11 DA/année
S (valeur de récupération)	$S = 0.2 \times P$	3922.22 DA	3088.88 DA	2977.78 DA
ASV (valeur de récupération annuelle)	$ASV = SFF \times S$	219.64 DA	172.97 DA	166.75 DA
AMC (coût annuel de maintenance)	5%(FAC)	166.69 DA/année	131.27 DA/année	126.55 DA/année
M (productivité annuelle moyenne)	M= La quantité d'eau produite par jour $\times 340$	1494.87 Kg/année	1326 Kg/année	1258 Kg/année
AC (coût annuel)	$AC = FAC + AMC - ASV$	3280.94 DA/année	2583.85 DA/année	2490.91 DA/année
CPL (coût de l'eau distillée par kg)	$CPL = \frac{AC}{M}$	2.19 DA/kg	1.73 DA/kg	1.98 DA/kg
Période du recuperation d'investissement		89 jours	79 jours	80 jours

Tableau III.4 - Analyse économique de distillateur solaire.

Où, n : est la durée du vie utile de distillateur (10 ans) ; et r : est le taux annuel (12%).

L'analyse économique montre que le coût de l'eau distillée produite par le distillateur à mèche et le distillateur à mèche avec un réflecteur est 1.73DA/kg et 2.19DA/kg respectivement, et le coût de l'eau distillée produite par le distillateur conventionnel est 1.98 DA/kg, où il est à 50DA au marché. Le retour de cet investissement est 79, 89 et 80 jours pour les distillateurs DM, DMR et DC, respectivement par rapport au coût de leurs fabrication. Les résultats obtenus montrent que ce système de distillation solaire est rentable.

Conclusion

Conclusion générale

En Algérie, comme dans les pays en voie de développement, le problème d'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus crucial, du fait de la croissance démographique et de l'élévation du niveau de vie.

Pour subvenir à ses besoins en eau potable, les chercheurs ont été proposés différents procédés de séparation de l'eau de ses impuretés. Parmi les solutions on peut citer le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer. L'utilisation du distillateur solaire est une solution parmi tant d'autres.

Ce travail présente une étude expérimentale d'un distillateur solaire à mèche inclinée avec un réflecteur et le comparer avec un distillateur solaire à mèche inclinée sans réflecteur et un distillateur solaire conventionnel. L'idée consiste à utiliser un miroir plan vertical placé au bord supérieur de coffre qui reflète une grande quantité de l'irradiation solaire globale sur la mèche dont le but d'augmenter et d'accélérer l'évaporation. Cette modification permet d'améliorer significativement la productivité du distillateur solaire.

En effet, la production journalière du distillateur solaire proposé pendant les mois d'avril, mai et juin est 3.2, 5, 5 kg/m², avec une amélioration de 10.3, 22 et 19.4% respectivement par rapport au distillateur solaire à mèche sans réflecteur. Ainsi elle est plus élevée de 32 et 25% que celle du distillateur solaire conventionnel pour les mois du mai et juin.

Egalement, l'analyse économique de tous les distillateurs solaires étudiés montré que le coût de l'eau distillée produit est d'environ 2 DA, où il est à 50 DA au marché.

- [1] N. Retiel, F. Abdessemed, M. Bettahar, Etude expérimentale d'un distillateur solaire plan, *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 11, pp 635-642, 2008.
- [2] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Miroir>.
- [3] [https://www.futura-Sciences.com/Sciences/question-réponses/matière-fabrication – miroirs-hier- aujourd'hui-2614/](https://www.futura-Sciences.com/Sciences/question-réponses/matière-fabrication-miroirs-hier-aujourd'hui-2614/)
- [4] <http://www.larecherche.fr/content/recherche/article?id=20548>
- [5] <https://femto-physique.fr/optique/lois-de-descartes.php>
- [6] V. velmurugana, K. Srithar, Performance analysis of solar stills based on various factors affecting the productivity-a review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, pp 1294-1304, 2011.
- [7] H. Ouahid, Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de préchauffage solaire de l'eau saumâtre, mémoire de magister, Université frère Mentouri Constantine 1, 2010.
- [8] I. layfa, Etude expérimental d'un distillateur solaire à mèche, mémoire de master, Université de M'sila, 2018.
- [9] Z.M. Omara, A.E. Kabeel, A.S. Abdullah, A review of solar still performance with reflectors, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 68, pp 638-649, 2017.
- [10] A. Khedim, K. Schwarzer, C. Faber, C. Müller, Production décentralisée de l'eau potable à l'énergie solaire, *Desalination*, vol.168, pp13-20, 2004.
- [11] A. Tamimi, Performance of a solar still with reflectors and black dye, *Sol. Wind Technol.*, vol. 4, pp 443-446, 1987.
- [12] H. Tanaka, Experimental study of a basin type solar still with internal and external reflectors in winter, *Desalination*, vol. 249, pp130-134,2009.
- [13] M.E. El-Swify, M.Z. Metias, Performance of double exposure solar still, *Renew. Energy*, vol. 26, pp 531-47, 2002.
- [14] A.N. Minasian, A.A. Al-Karaghoul, S.K Habeeb, Utilization of a cylindrical parabolic reflector for desalination of saline water, *Energy Convers. Manag.*, vol. 38, pp 701-704, 1997.
- [15] S. Abdallah, O. Badran, MM. Abu-Khader, Performance evaluation of a modified design of a single slope solar still, *Desalination*, vol. 219, pp 222-30, 2008.
- [16] I. Al-Hayek, O.O. Badran, The effect of using different designs of solar stills on water distillation, *Desalination*, vol. 169, pp 121-7, 2004.

- [17] M.R.K. Estahbanati, A. Amimul, F. Mehrzad, J. Khosrow, A.S. Saba, F. Mansoor, Theoretical and experimental investigation on internal reflectors in a single-slope solar still, *Appl. Energy*, vol. 165, pp 537-47, 2016.
- [18] Z.M .Omara, A.E. Kabeel, M.M. Younes, Enhancing the stepped solar still performance using internal reflectors, *desalination*, vol. 314, pp 67-72, 2013.
- [19] Z.M. Omara, A.E. Kabeel, A.S. Abdullah, F.A. Essa, Experimental investigation of corrugated absorber solar still with wick and reflectors, *desalination*, vol. 381, pp111-6, 2016.
- [20] ANDI, invest in Algeria, wilaya de m'sila, 2013.
- [21] <http://www.dtmsila-dz.com/lang/fr/latourismeaum-sila/pr%C3%A9sentationdelawilaya>
- [22] A.E. Kabeel, A.M. Hamed, S.A. El-Agouz, Cost analysis of different solar still configurations, *Energy*, vol. 35, pp 2901-2908, 2010.
- [23] H.E.S. Fath, M. El-Samanoudy, K. Fahmy, A. Hassabou, Thermal-economic analysis and comparison between pyramid-shaped and single-slope solar still configurations, *Desalination*, vol. 159, pp. 69-79, 2003.
- [24] S. Kumar and G. N. Tiwari, Life cycle cost analysis of single slope hybrid (PV/T) active solar still, *Applied Energy*, vol. 86, pp 1995-2004, 2009.
- [25] G. Govind, G.N. Tiwari, Economic analysis of some solar energy systems, *Energy Convers. Manag.*, vol. 24, pp 131-135, 1984.

Résumé

Une étude expérimentale de trois types de distillateurs solaires, fonctionnant selon l'effet de serre, le premier type est à mèche avec un réflecteur, le second est seulement à mèche et le troisième est conventionnel. Le but de ce travail est d'améliorer les performances du second type en ajoutant un réflecteur à la partie supérieure du distillateur pour pouvoir refléter une partie de l'énergie incidente pour chauffer l'eau à distiller. Une étude expérimentale a été menée sur les trois distillateurs solaires pendant les mois d'avril, mai et juin de l'année en cours dans les conditions climatologiques de la ville de Msila, ville interne de l'Algérie. Les résultats obtenus ont montré l'amélioration de la productivité du second type de distillateur en comparaison avec les autres types, tel que la productivité a atteint 3.2 kg/m^2 pour le mois d'avril et 5 kg/m^2 pour les deux autres mois. L'étude économique a montré que la durée d'amortissement du prix des distillateurs est respectivement 89, 79 et 80 jours. Le prix de revient de l'eau distillée par les trois distillateurs est respectivement 2.47, 2.19 et 1.98 DA/kg

Mots clés : distillateur solaire, mèche, réflecteur, production.

Abstract

An experimental study of three solar stills, operating according to the greenhouse effect, the first type is with wick and reflector, the second is only with wick and the third is conventional. The purpose of this work is to improve the performance of the second type by adding a reflector to the top of the still to reflect part of the incident energy to heat the water to be distilled. An experimental study was conducted on the three solar stills during the months of April, May and June of the current year in the climatic conditions of Msila's city, Algeria's internal city. The results obtained showed the improvement of second type solar still productivity in comparison with the other types, such that productivity reached 3.2 kg/m^2 for the month of April and 5 kg/m^2 for the other two months. The economic study showed that stills payback is 89, 79 and 80 days respectively. Cost of distilled water by the three stills is respectively 2.47, 2.19 and 1.98 DA/ kg.

Key words: solar still, wick, reflector, production.

ملخص

دراسة تجريبية لثلاث أنواع من المقطرات الشمسية تعمل بظاهرة الاحتباس الحراري، النوع الأول المقطر الشمسي مع القماش والعاكس والثاني مع القماش أما الثالث فهو التقليدي. الغرض من هذا العمل هو تحسين أداء المقطر الشمسي لنوع الثاني بإضافة مرآة عاكسة إلى طرفه العلوي لعكس جزء من الأشعة الشمسية الساقطة عليه والمساهمة في التسخين الإضافي لحوض التقطير الشمسي. أجريت دراسة تجريبية للمقطرات الشمسية خلال الأشهر (أفريل، مايو، جوان) في السنة الجارية وتحت الظروف المناخية لمدينة المسيلة وسط الجزائر. بينت النتائج التجريبية تحسن إنتاجية المقطر الشمسي مع القماش والمرآة العاكسة مقارنة مع النوعين الآخرين، حيث بلغت إنتاجيته (2.9 كغ/م^2) لشهر أفريل (5 كغ/م^2) لشهر ماي و (5 كغ/م^2) لشهر جوان. كما أظهرت الدراسة الاقتصادية أن مدة استرداد كلفة الأجهزة المدروسة هي 89 و79 و80 يوما، وكلفة الماء المقطر: 2.47، 2.19، 1.98 دينار/كيلوغرام لأنواع الثلاثة من المقطرات الشمسية على التوالي..

الكلمات المفتاحية : مقطر شمسي، قماش، عاكس، الإنتاجية.